СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 2, 2020

ISSN 1812–7320

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, Загревский О.И. (Томск); д.т.н., профессор, Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., профессор, Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., профессор, Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., профессор, Ижуткин В.С. (Москва); д.т.н., профессор, Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., профессор, Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.н., доцент, Кибальченко И.А. (Таганрог); д.п.н., профессор, Клемантович И.П. (Москва); д.п.н., профессор, Козлов О.А. (Москва); д.т.н., профессор, Козлов А.М. (Липецк); д.т.н., доцент, Козловский В.Н. (Самара); д.т.н., доцент, Красновский А.Н. (Москва); д.т.н., профессор, Крупенин В.Л. (Москва); д.т.н., профессор, Кузлякина В.В. (Владивосток); д.т.н., доцент, Кузяков О.Н. (Тюмень); д.т.н., профессор, Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., профессор, Лавров Е.А. (Суми); д.т.н., доцент, Ландэ Д.В. (Киев); д.т.н., профессор, Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.ф.-м.н., доцент, Ломазов В.А. (Белгород); д.т.н., профессор, Ломакина Л.С. (Нижний Новгород); д.т.н., профессор, Лубенцов В.Ф. (Краснодар); д.т.н., профессор, Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., профессор, Макаров В.Ф. (Пермь); д.п.н., профессор, Марков К.К. (Иркутск); д.п.н., профессор, Матис В.И. (Барнаул); д.г.-м.н., профессор, Мельников А.И. (Иркутск); д.п.н., профессор, Микерова Г.Ж. (Краснодар); д.п.н., профессор, Моисеева Л.В. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Мурашкина Т.И. (Пенза); д.т.н., профессор, Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., профессор, Надеждин Е.Н. (Тула); д.ф.-м.н., профессор, Никонов Э.Г. (Дубна); д.т.н., профессор, Носенко В.А. (Волгоград); д.т.н., профессор, Осипов Г.С. (Южно-Сахалинск); д.т.н., профессор, Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., профессор, Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., профессор, Петрова И.Ю. (Астрахань); д.т.н., профессор, Пивень В.В. (Тюмень); д.э.н., профессор, Потышняк Е.Н. (Харьков); д.т.н., профессор, Пузряков А.Ф. (Москва); д.п.н., профессор, Рахимбаева И.Э. (Саратов); д.п.н., профессор, Резанович И.В. (Челябинск); д.т.н., профессор, Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.т.н., профессор, Рогов В.А. (Москва); д.т.н., профессор, Санинский В.А. (Волжский); д.т.н., профессор, Сердобинцев Ю.П. (Волгоградский); д.э.н., профессор, Сихимбаев М.Р. (Караганда); д.т.н., профессор, Скрыпник О.Н. (Иркутск); д.п.н., профессор, Собянин Ф.И. (Белгород); д.т.н., профессор, Страбыкин Д.А. (Киров); д.т.н., профессор, Сугак Е.В. (Красноярск); д.ф.-м.н., профессор, Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., профессор, Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., профессор, Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., профессор, Хода Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., профессор, Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., профессор, Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., профессор, Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., профессор, Шарафеев И.Щ. (Казань); д.т.н., профессор, Шишков В.А. (Самара); д.т.н., профессор, Щипицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., профессор, Яблокова М.А. (Санкт-Петербург)

«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 – 27.02.2020
Дата выхода номера – 27.03.2020

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 17,88
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2020/2
Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00)

СТАТЬИ

СВАРКА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ

Горшкова О.О. 7

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКАМЕРНОЙ ПЕЧИ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ БЕНЗИНА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН ПЕРЕГРЕВА И КОКСООБРАЗОВАНИЯ

Иваненко А.Ю., Яблокова М.А., Пономаренко Е.А., Грабская Н.В. 12

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ РИСКОМ АВАРИЙ ОБЪЕКТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Извеков Ю.А., Грачева Л.А. 20

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Кадыров И.Ш., Темирбеков Ж.Т., Турусбеков Б.С., Давлятов У.Р. 25

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЧЕРЕЗ МЕРУ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Карандеев Д.Ю., Дулесов А.С., Карандеева И.Ю. 30

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПРОМИССНЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОЛОВНОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ В СИСТЕМЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗОПРЕНА

Кривошеев В.П., Смирнов А.Н., Закружный В.Д. 35

ПОСТРОЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ

Куликова И.В. 40

СИНТЕЗ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ В ГЕНЕРАЦИИ ПРОГРАММНЫХ ДВИЖЕНИЙ МНОГОТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Полянина А.С. 45

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИИ МОБИЛЬНОГО ПСЕВДОСПУТНИКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОГО НАВИГАЦИОННО-ВРЕМЕННОГО ПОЛЯ ГЛОНАСС

Скрыпник О.Н., Арефьев Р.О. 51

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ И БЛОКОВ С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MICROSOFT EXCEL

Страбыкин Д.А. 59

МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ НОГИ ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА

Сысоев С.Н., Никифоров И.Е., Маскин А.С. 66

ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТЬ КАК ФАКТОР АДДИКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В КИБЕРПРОСТРАНСТВЕ

Фадюшин С.Г. 72

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ

Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Горский С.А. 76

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

СТАТЬИ

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ МОЛОДЕЖИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ С КАЗАЧЬИМ КОМПОНЕНТОМ

Байгуллов Р.Н., Лаврушина Е.Е., Коробова Г.М., Лобачева Т.П., Левина Н.Н., Ильмушкин А.Г. *81*

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МЛАДШЕМ ШКОЛЬНОМ ВОЗРАСТЕ

Баркунова О.В., Седова С.С. *86*

ПОДГОТОВКА МЕДИЦИНСКИХ КАДРОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Гоголев Н.М., Дмитриева С.М., Слепцова С.С., Бурцева Т.Е. *91*

КРЕАТИВНОЕ ПИСЬМО КАК ДОСТУПНЫЙ СПОСОБ КОММУНИКАЦИИ У ПОДРОСТКОВ С НАРУШЕНИЯМИ СЛУХА

Задорожняя Е.В., Трифонова Э.П. *96*

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Мингалеев Г.Ф., Бабушкин В.М., Бикмуллин А.Л., Галямов Р.А. *101*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЗЫКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ КУЛЬТУРЫ У ДЕТЕЙ С КОМПЛЕКСНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ

Молодцова И.А., Малкова Т.П. *107*

СОЗДАНИЕ ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННОГО МАРШРУТА НА БАЗЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ГОРОДА ВЕЛИКИЕ ЛУКИ

Смирнова Е.Ю., Лазарева Н.В. *112*

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОБЛЕМЫ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ТЯЖЁЛЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ К РЕШЕНИЮ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Тишина Л.А. *117*

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ КАК КУЛЬТУРНЫЙ, НАУЧНЫЙ И ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ ШКОЛЬНИКОВ ПО ГЕОЛОГИИ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

Фурсина А.Б., Пинчук Т.Н., Петшаковская М.Ю. *122*

СОВРЕМЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ОДАРЕННОЙ МОЛОДЕЖИ

Халикова Ф.Д., Халаман А.В. *127*

ДВУСТОРОННЯЯ (МНОГОСТОРОННЯЯ) КОММУНИКАЦИЯ КАК РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ-ЖУРНАЛИСТОВ

Цараева Л.А. *134*

АНАЛИЗ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ КЛАСТЕРОВ

Шитова Л.Ш. *139*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00)

ARTICLES

WELDING OF MAIN OIL AND GAS PIPELINES
Gorshkova O.O. 7

MATHEMATICAL MODELING OF A MULTI-CHAMBER FURNACE OF A GASOLINE HYDROTREATING PLANT FOR THE PURPOSE OF DETERMINING THE ZONES OF OVERHEATING AND COKING
Ivanenko A.Yu., Yablokova M.A., Ponomarenko E.A., Grabskaya N.V. 12

DECISION-MAKING MODEL IN ACCIDENT RISK MANAGEMENT OF METALLURGICAL FACILITIES
Izvekov Yu.A., Gracheva L.A. 20

DEVELOPMENT OF INFORMATION DEVICES OF SYSTEMS AUTOMATIC CONTROL
Kadyrov I.Sh., Temirbekov Zh.T., Turusbekov B.S., Davlyatov U.R. 25

REPRESENTATION OF RELIABILITY INDICATORS FOR ENGINEERING NETWORK EQUIPMENT THROUGH A MEASURE OF INFORMATION UNCERTAINTY
Karandeev D.Yu., Dulesov A.S., Karandeeva I.Yu. 30

NEURAL NETWORK MODELING OF COMPROMISE OPTIMAL MODES OF FUNCTIONING OF THE HEAD RECTIFICATION COLUMN IN ISOPRENE ALLOCATION SYSTEM
Krivosheev V.P., Smirnov A.N., Zakruzhnyi V.D. 35

GENETIC ALGORITHM CONSTRUCTION FOR SOLVING OPTIMIZATION PROBLEMS WITH DIFFERENT PARAMETER CONSTRAINTS
Kulikova I.V. 40

SYNTHESIS OF STABILIZING CONTROL IN THE GENERATION OF MULTI-BODY SYSTEMS PROGRAM MOTIONS
Polyanina A.S. 45

OPTIMIZATION OF A MOBILE PSEUDOLITE TRACK FOR INCREASING ACCURACY OF THE GLONASS INTEGRATED NAVIGATION-AND-TIME FIELD
Skrypnik O.N., Arefev R.O. 51

FUNCTIONAL MODELING OF SEQUENTIAL COMPUTING BLOCKS AND NODES WITH MICROSOFT EXCEL SPREADSHEET APPLICATION
Strabykin D.A. 59

DESIGN METHODOLOGY OF DRIVE SYSTEM OF WALKING MACHINE LEG
Sysoev S.N., Nikiforov I.E., Maskin A.S. 66

INTERNET ADDICTION AS A FACTOR OF ADDICTIVE HUMAN BEHAVIOR IN CYBERSPACE
Fadyushin S.G. 72

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TECHNOLOGY FOR DECISION MAKING SUPPORT IN QUEUING SYSTEMS BASED ON THEIR SIMULATION MODELING ON SUPERCOMPUTERS
Feoktistov A.G., Kostromin R.O., Gorskiy S.A. 76

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

ARTICLES

ORGANIZATIONAL AND PEDAGOGICAL CONDITIONS OF PATRIOTIC EDUCATION OF YOUTH IN THE EDUCATIONAL SPACE WITH COSSACK COMPONENT

Baygullov R.N., Lavrushina E.E., Korobova G.M., Lobacheva T.P., Levina N.N., Ilmushkin A.G. *81*

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR SUPPORTING FORMATION OF EDUCATIONAL ACTIVITY AT YOUNGER SCHOOL AGE

Barkunova O.V., Sedova S.S. *86*

HEALTHCARE PERSONNEL TRAINING IN THE ARCTIC ZONES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Gogolev N.M., Dmitrieva S.M., Sleptsova S.S., Burtseva T.E. *91*

FORMATION OF CREATIVITY AND COMMUNICATIVE COMPETENCE IN STUDENTS WITH HEARING DISORDERS

Zadorozhnaya E.V., Trifonova E.P. *96*

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEXES FOR ENGINEERING AND ECONOMIC EDUCATIONAL CENTERS

Mingaleev G.F., Babushkin M.V., Bikmullin A.L., Galyamov R.A. *101*

USING MUSIC FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL CULTURE IN CHILDREN WITH COMPLEX DISTURBANCES

Molodtsova I.A., Malkova T.P. *107*

TOURIST AND EXCURSION ROUTE CREATION ON THE BASIS OF CULTURAL HERITAGE SITES IN VELIKIE LUKI

Smirnova E.Yu., Lazareva N.V. *112*

SYSTEM APPROACH TO ANALYSIS OF THE READINESS PROBLEM OF STUDENTS WITH SEVERE SPEECH DISORDERS TO THE SOLUTION OF ARITHMETIC PROBLEMS

Tishina L.A. *117*

GEOLOGICAL MONUMENTS AS A CULTURAL, SCIENTIFIC AND HISTORICAL OBJECT IN THE RESEARCH WORK OF STUDENTS IN GEOLOGY IN THE KRASNODAR REGION

Fursina A.B., Pinchuk T.N., Petshakovskaya M.Yu. *122*

THE MODERN CHEMICAL EDUCATION OF GIFTED YOUTH

Khalikova F.D., Khalaman A.V. *127*

TWO-WAY (MULTI-WAY) COMMUNICATION AS AN IMPLEMENTATION OF COMPETENCE APPROACH USING INTERACTIVE METHODS IN A STUDY PROCESS OF STUDENTS-JOURNALISTS

Tsaraeva L.A. *134*

ANALYSIS OF EUROPEAN EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF TERRITORIAL SPORTS CLUSTERS

Shitova L.Sh. *139*

СТАТЬИ

УДК 621.791

СВАРКА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕ- И ГАЗОПРОВОДОВ

Горшкова О.О.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», филиал, Сургут, e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru

В статье рассмотрены классы нефте- и нефтепродуктопроводов, представлена классификация труб для магистральных нефтепроводов, описан процесс сварки магистрального трубопровода для транспортировки нефти и нефтепродуктов в суровых климатических условиях стандартными способами сварки, выявлены достоинства и недостатки данных способов. Рассмотрены современные способы сварки нефте- и газопроводов, изучены возможности применения технологии гибридной лазерно-дуговой сварки нефтепроводов из конструкционных легированных сталей, определены ее преимущества, определены факторы, сдерживающие широкое применение данной технологии. Рассмотрена технология гибридной лазерно-дуговой сварки швов толстостенных трубных заготовок, с одновременным использованием двух лазерных лучей со стороны наружной поверхности стыка кромок трубной заготовки. Выделены особенности, способствующие повышению качества сварного соединения при выполнении сварки с использованием двух лазерных лучей, также определены недостатки данного вида сварки.. Представлена автоматизированная комбинированная технология сварки корневого слоя шва посредством перехода со способа с механизированной сварки плавящимся электродом в среде активных газов в стандартную заводскую разделку кромок труб на автоматическую сварку проволокой сплошного сечения в защитном газе в специальную зауженную разделку кромок труб, собранных со «слепым» зазором, способствующая повышению механических свойств сварных швов, улучшению качества сварного соединения, что подтверждено внедрением данной технологии при сварке трубопроводов.

Ключевые слова: сварка нефте- и газопроводов, дуговая сварка, гибридная лазерно-дуговая сварка, корневой шов, стыки труб

WELDING OF MAIN OIL AND GAS PIPELINES

Gorshkova O.O.

Industrial University of Tyumen, branch, Surgut, e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru

The article considers the classes of oil and oil product pipelines, presents the classification of pipes for main oil pipelines, describes the process of welding the main pipeline for transporting oil and oil products in harsh climatic conditions using standard welding methods, and identifies the advantages and disadvantages of these methods. Modern methods of welding oil and gas pipelines are considered, the possibilities of using the technology of hybrid laser-arc welding of oil pipelines made of structural alloy steels are studied, its advantages are determined, and the factors that hinder the widespread use of this technology are determined. The technology of hybrid laser-arc welding of seams of thick-walled pipe billets with simultaneous use of two laser beams from the outer surface of the joint of the edges of the pipe billet is considered. The features that contribute to improving the quality of the welded joint when performing welding using two laser beams are highlighted, and the disadvantages of this type of welding are also identified.. The paper presents an automated combined technology for welding the root layer of the seam by switching from the method of mechanized welding with a melting electrode in an active gas medium to the standard factory cutting of pipe edges to automatic welding with a solid section wire in a protective gas to a special narrowed cutting of pipe edges assembled with a «blind» gap, which contributes to improving the mechanical properties of welds, improving the quality of the welded joint, which is confirmed by the introduction of this technology in pipeline welding.

Keywords: welding of oil and gas pipelines, arc welding, hybrid laser arc welding, root seam, pipe joints

В настоящее время одним из лидеров мирового нефтяного рынка является Россия. По всей территории страны расположены малые, средние, крупные месторождения, поэтому актуален вопрос транспортировки нефтепродуктов. Для перекачки нефти и различных нефтепродуктов трубопроводный вид транспортировки является наиболее выгодным. Многие трубопроводы России были проложены в сложных природно-климатических условиях. Можно выделить ряд преимуществ трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов: низкие операционные издержки; низкая себестоимость перекачки; допустимость перекачки сразу нескольких сортов нефтепродуктов; малые потери нефтепродуктов при перекачке; бесперебойные поставки, вне зависимости от климатических условий и т.д. Более 90% нефти, добываемой в стране, проходит по трубопроводам. Добывающие скважины соединены с нефтепромысловой инфраструктурой нефтепроводами [1]. Процесс строительства нефте/газопроводов характеризуется большими капитальными вложениями, снижению которых способствуют применение инновационных технологий, новых технических

решений, привлечение высококвалифицированных кадров.

Методы исследования: теоретические (изучение, анализ и синтез литературы по рассматриваемой проблеме; анализ предмета исследования; обобщение результатов исследования); эмпирические (изучение нормативных документов, анализ документации, анализ результатов механических испытаний; экспериментальные (механические испытания сварных соединений).

Результаты исследования и их обсуждение

Трубопроводы классифицируют на нефтепроводы для перекачки нефти и нефтепродуктопроводы, а также для перекачки дизельного топлива, бензина, мазута и т.д. Способы сварки нефтепроводов: термические виды сварки (дуговую, под слоем флюса, плазменную, газовую, лазерную и другие), термомеханические (контактная сварка с магнитоуправляемой дугой), специальные способы. Во всех пространственных положениях сваривают трубы посредством дуговой сварки. При ручной сварке скорость движения электрода по диаметру стыка достигает 20 м/ч, в автоматизированном режиме – 60 м/ч [1]. Монтаж секций, состоящих из двух и более труб больших диаметров, производят посредством механизированной сварки. Наибольшее применение нашли автоматическая сварка под флюсом, сварка порошковой проволокой. При соединении труб малого диаметра применяют автоматическую сварку с магнитоуправляемой дугой, называемую дугоконтактной. Действие магнитного поля вдоль кромок стыкуемых труб вызывает высокоскоростное вращение дуги, способствующее нагреванию соединяемых кромок. Сварка ведется в автоматическом режиме по заданному алгоритму с беспрерывным оплавлением кромок трубы [2].

До проведения монтажных работ трубы и комплектующие элементы проверяются на соответствие параметров с данными технических условий, все соединяющие изделия должны подходить по форме к концам труб. Для изготовления магистральных нефтепроводов с завода трубы поставляют с разделанными кромками для выполнения дуговой сварки. Перед сборкой трубы очищают от внешних загрязнений, кромки труб и примыкающие к ним части (более чем на 1 см) зачищают до металлического блеска.

При сборке труб следят за перпендикулярностью трубопроводных осей со стыками, допустимое отклонение не более 2 мм, контролируют равномерность зазора по всему периметру соединения. При помощи специальных центраторов производят сборку труб, при этом между диаметрами свариваемых труб допускается зазор не больше 1 см.

Предварительный подогрев применяют для регулирования термического цикла сварки, избежания образования холодных трещин (особенно для низколегированных сталей с эквивалентом углерода 0,43% и выше). Подогрев производят специальными устройствами, равномерно нагревая кромки на ширину около 7,5 см влево и вправо от шва по всей длине [3]. Сварку трубопроводов производят встык. Процесс сварки ведется в направлении снизу вверх с поперечными колебательными движениями электродов, амплитуда колебаний определяется расстоянием, которое разделяет стык частей труб.

Добиться более глубокого провара корня шва, повысить плотность сварного шва позволяет ручная дуговая сварка, производимая в 2–4 слоя. Первый накладываемый слой, обеспечивающий провар корня стыка, имеет вогнутую поверхность. Последующие слои накладываются на предыдущие, перекрывая их, сплавляясь с кромками стыка. Последним выполняют облицовочный слой, он обеспечивает плавный переход к основному металлу, имеет мелкочешуйчатую поверхность, выполняет декоративную функцию. Поточно-расчлененный способ сварки труб предполагает, что каждый сварщик обрабатывает отдельный участок шва. Если в работе задействованы два сварщика, то сварка производится снизу вверх, от начала в противоположных направлениях вдоль периметра.

Процесс сварки сопровождается образованием усиления шва, называемым гратом, который препятствует изоляции снаружи и проходимости внутри трубопровода. После сварки грат удаляют при помощи гратоснимателя [4]. При ручной дуговой сварке замедление темпов строительства магистрали обусловлено невысокой скоростью процесса. Время сооружения трубопроводов сокращается за счет использования не отдельных труб, а секций, сваренных автоматической сваркой под флюсом или сваркой встык оплавлением в заводских условиях. В современных условиях при строительстве магистральных нефтепроводов текущий участок делится на 10–20 отрезков, бригады начинают работу на расстоянии 1 км друг от друга, что способствует достижению скорости укладки 5–6 км в день. Качество сварных швов предварительно проверяется визуально-измерительными методами, после чего используют радиационный или

ультразвуковой контроль. Завершающим этапом укладки участков нефтепровода является его испытание на герметичность.

При сооружении магистральных нефтепроводов для избежания разрушения под действием ударной волны, устанавливается система сглаживания волн давления (СВД), которая защищает трубопровод и обеспечивает минимизацию сброса рабочей жидкости.

Для защиты от почвенной и атмосферной коррозии трубопровода используются следующие методы: пассивные – изоляционные покрытия на основе битумных мастик, эпоксидного праймера, полимерных липких лент и др.; активные – электрохимическая защита катодной поляризацией трубопроводов. В настоящее время используют изолирующие монолитные муфты [4].

Для повышения эффективности процесса строительства нефтепроводов уделяется большое внимание исследованиям новых технологий сварки труб. При этом акцент делается на сокращение количества проходов в процессе сварки, следовательно, увеличение скорости сварки. Перспективным направлением в развитии сварочных технологий является лазерная сварка. Широкое внедрение данного способа сдерживается высокими требованиями к качеству подготовки свариваемых кромок. Гибридная лазерно-дуговая сварка позволяет снизить данные требования [3]. Гибридная лазерно-дуговая сварка предусматривает одновременное действие сварочной дуги и лазерного излучения с целью формирования сварочной ванны. Процесс может осуществляться неплавящимся или плавящимся электродом. Подогрев металла и расплавление его верхнего слоя осуществляется посредством электрической дуги, что способствует созданию широкого шва, заполняющего зазоры; лазерный луч осуществляет глубокое проплавление металла .Данный способ сварки позволяет применять в северных условиях для сварки нефтепроводов конструкционные легированные стали, имеющие высокие механические свойства. Первоначально эксперимент по сварке кольцевых швов трубопровода проводился компанией «Gullco». Оптоволоконный лазер использовался как источник лазерного излучения. Лазер мощностью 4,5 кВт использовался при высоте притупления до 6 мм, а при большей высоте притупления – лазер SLV Mecklenburg – Vorpommern мощностью 10 кВт [5].

В процессе проведения эксперимента определены распределения твердости в шве, наибольшая твердость зафиксирована в корне шва, что позволило проводить заварку корневого шва без перекрывающего прохода. В процессе испытаний сваренных трубных соединений их располагали и фиксировали в различных положениях, что позволило определить значения допусков, характерных при строительстве трубопроводов. Для контроля качества сварных швов применяли ультразвуковой контроль, результаты которого подтверждают перспективность применения гибридной технологии при сварке нефтепроводов в суровых климатических условиях. Для сварки нефтепроводов посредством гибридной лазерно-дуговой технологии неповоротных применяют мобильные технологические комплексы, базирующиеся на модернизированный сварочный трактор комплексы включают: лазерно-дуговой модуль (волоконный лазер с лазерной головкой), систему наведения на шов, механизм подачи электродной проволоки, инвертор – в качестве дугового источника.

Экономическая эффективность при внедрении данной технологии обусловлена: повышением производительности, автоматизацией процесса, повышением качества сварного шва, уменьшением затрат на производство. Следует отметить, что внедрение технологии лазерной сварки сдерживается высокими требованиями к подготовке свариваемых кромок. Гибридная лазерно-дуговая сварка позволяет снижению требований к подготовке свариваемых кромок, что в настоящее время сдерживает внедрение технологии лазерной сварки при сварке нефтепроводов.

Лазерно-дуговая сварки не лишена недостатков, а именно: возрастание поперечных размеров сварного шва способствует перегреву основного металла; увеличение давления дуги на сварочную ванну, что обусловлено увеличением величины погонной энергии, для обеспечения проплавляющей способности гибридного теплового источника, в сравнении с лазерной сваркой. В процессе сварки возникают характерные дефекты, такие как подрезы с одной или двух сторон верхнего валика, внутренние поры, провисание швов. Устранение данных недостатков возможно при одновременной модуляции дуги плавящегося электрода и лазерного излучения. Дополнительно происходит сужение сварного шва (0,87 – коэффициент формы шва), а также измельчение дендридной структуры шва [4].

Гибридную лазерно-дуговую сварку возможно использовать для выполнения продольного шва толстостенных трубных заготовок как с максимально допустимым зазором, так и с зазором превышающим

допустимое значение, при этом обеспечивается повышение качества сварного шва. При этом для сварки шва толстостенных трубных заготовок используют размещение одновременно двух лазерных лучей со стороны наружной поверхности стыка кромок трубной заготовки. Лазерные лучи направляют в расфокусированном состоянии на противоположные по отношению к ним кромки стыка трубной заготовки. Это становится возможным, когда области распространения лучей не пересекаются и расположены на максимально близком расстоянии, которое выбирается исходя из условий возможности осуществления процесса сварки. Лазерные лучи перекрещиваются в зоне участков с наименьшим диаметром каждого луча, в результате происходит суммирование энергии лазерного излучения. Одинаковый угол установки лазерных лучей относительно вертикали способствует оплавлению кромок трубной заготовки и формированию сварного шва.

В зону сварки подают присадочную проволоку, расплавляемую в защитной среде электрической дугой, с образованием единой сварочной ванны, В качестве защитной среды сварочной ванны используют газ или смесь газов, например аргон и двуокись углерода. Электрическую дугу располагают позади лучей для заполнения разделки кромок трубной заготовки. Оси лучей располагают в одной плоскости, перпендикулярной направлению сварки, и под равными углами от вертикальной оси с пересечением их в области фокуса. Фокус располагают выше поверхности обрабатываемой заготовки, а области расфокусировки – с обеспечением попадания луча на соответствующую противоположную кромку стыка. Сварка шва выполняется за один проход, что способствует снижению энерго- и трудозатрат [4].

Наиболее распространенные технологии сварки газопроводов, а именно автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах, комбинированная технология, предусматривающая сварку корневого шва механизированной сваркой плавящимся электродом в среде активных газов с последующим заполнением разделки порошковой проволокой автоматической сваркой в среде защитных газов, не всегда способны учитывать особенности строительства газопроводов из стали высокого класса прочности, большой проектной мощности, с использованием труб большого диаметра, из металла большой толщины (более 25 мм). Следует учитывать и стоимость комплекса оборудования для данных способов сварки.

Технология выполнения неповоротных стыков труб автоматической сваркой проволокой сплошного сечения в защитном газе в специальную зауженную разделку кромок труб, собранных со «слепым» зазором [6], способствует получению качественных сварных соединений при использовании не столь дорогостоящего оборудования. Данная технология способствует: уменьшению времени сборки стыка; уменьшению времени на сварку; уменьшению количества заполняющих слоев, сведение к минимуму применения валиковой сварки, способствует повышению качества.

Преимущества технологии: автоматизация процесса; умеренная стоимость оборудования (по сравнению с полностью автоматическими комплексами); легкость обучения (переобучения) сварщиков-операторов; снижение времени сборки и сварки стыка; за счет уменьшения площади сечения разделки происходит уменьшение объема наплавленного металла; экономия сварочных материалов; высокие механические свойства сварных соединений [6]. Сварка корневого слоя шва производится в среде активных газов, дальнейшее заполнение разделки шва осуществляется порошковой проволокой посредством автоматической сварки в защитных газах. Это способствует тому, что нормативное смещение кромок не более 3 мм, совершенствуется геометрия свариваемых кромок труб, уменьшается ширина облицовочного слоя шва, производится полное проплавление свариваемых кромок, при этом высота обратного валика составляет 0–3 мм. Корневой слой формируется высотой 4–5 мм, шириной 3–6 мм.

Механические испытания сварных соединений позволяют сделать вывод, что данная технология способствует получению высоких механических свойств сварных соединений, а именно повышению ударной вязкости (таблица) [6].

Разработчики определяют экономическую выгоду на 100 км примерно в 26 млн: расход проволоки уменьшается на 56 тонн – 21 млн руб., расход защитных газов сокращается на 2600 баллонов – 5 млн руб. [6]. По результатам квалификационных испытаний данная технология внесена в нормативную документацию ОАО «Газпром» по сварке трубопроводов [7].

Заключение

Сварка магистральных трубопроводов – это высокотехнологичный процесс, требующий высокой квалификации сварщиков и соблюдения технических требований, обеспечивающих получение качественных сварных соединений.

Результаты сравнительных испытаний механических свойств сварных соединений, выполненных на стыках труб Ø1420 мм х 25,8 мм из стали класса прочности К60

Вид испытаний	Механизированная сварка плавящимся электродом в среде активных газов корневого слоя шва с последующим заполнением разделки автоматической сваркой порошковой проволокой в защитных газах		Комбинированная технология сварки корневого слоя шва в автоматическом режиме проволокой сплошного сечения в углекислом газе и сварки заполняющих и облицовочного слоев шва порошковой проволокой в защитных газах	
На статическое растяжение, МПа	651		642	
Твердость, [HV_{10}]	Верхние слои сварного соединения			
	min	max	min	max
Основной металл/ Металл шва	230 / 221	241/236	214/211	229/22
ЗТВ	217	229	200	268
Нижние слои сварного соединения				
Основной металл / металл шва	235/223	249/228	202/195	212/202
ЗТВ	205	222	200	218
На ударный изгиб, KCV [Дж/см^2]	–20 °С	–40 °С	–20 °С	–40 °С
Надрез по шву, верхние слои сварного соединения	102	66	156	104
Надрез по шву, нижние слои сварного соединения	72	51	131	111

Разработка и применение новых технологий сварки, применяемых при сооружении нефте- и газопроводов, обусловлены необходимостью уменьшения капиталовложений и текущих расходов, сокращения продолжительности цикла сварки и повышения качества продукции. Рассмотренные технологии позволяют обеспечить сварку нефте- и газопроводов, производить сварку в северных условиях с использованием металлов больших толщин, при этом обеспечивается высокое качество сварного шва с требуемыми механическими свойствами, с минимальными сварочными деформациями.

Список литературы

1. Горшкова О.О. Сварка металлоконструкций. Стерлитамак: АМИ, 2017. 103 с.

2. Сварка магистральных трубопроводов [Электронный ресурс]. URL: http://stalevarim.ru/pub/svarka-magistralnyh-truboprovodov/) (дата обращения: 14.02.2020).

3. Магистральные трубопроводы [Электронный ресурс]. URL: http://www.baltstroymetall.ru/faq/283-magistral (дата обращения: 14.02.2020).

4. Кайтель С. Технологии гибридной лазерно-дуговой сварки кольцевых швов на магистральных трубопроводах // Автоматическая сварка. 2014. № 4. С. 37–43.

5. Федоров М.А., Котлов А.О., Черняев А.А., Романцов А.И. Способ гибридной лазерно-дуговой сварки продольного шва трубы // Патент РФ № 2637035. Патентообладатель ПАО «Челябинский трубопрокатный завод». 2017.

6. Татаринов Е.А. Новая комбинированная технология автоматической сварки неповоротных стыков труб магистрального газопровода // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. Вып. 11. Ч. 17. С. 74–84.

7. Технологическая инструкция ОАО «Газпром» по автоматической сварке проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT корневого слоя шва и порошковой проволокой в защитных газах заполняющих и облицовочного слоев шва сварочными головками М-300С в специальную зауженную разделку кромок неповоротных кольцевых стыковых соединений. ОАО «Газпром», 2012. 26 с.

УДК 620.172.251.282:665.6

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКАМЕРНОЙ ПЕЧИ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ БЕНЗИНА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОН ПЕРЕГРЕВА И КОКСООБРАЗОВАНИЯ

[1]Иваненко А.Ю., [1]Яблокова М.А., [1]Пономаренко Е.А., [2]Грабская Н.В.

[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Санкт-Петербург, e-mail: kip@technolog.edu.ru;

[2]ООО «Газпром переработка», Санкт-Петербург, e-mail: Gpp@gpp.gazprom.ru

Проведено обследование многокамерной радиационно-конвективной печи установки гидроочистки прямогонного бензина с целью определения зон перегрева и зон возможного коксообразования. Печь состоит из камеры конвекции и пяти камер радиации. Большую часть тепловой нагрузки в трубчатых печах воспринимают радиантные секции. Основной причиной прогара труб является перегрев металла в местах коксовых отложений. Предварительный поиск наиболее вероятных зон перегрева осуществляли путем проведения численного эксперимента с использованием программного комплекса Flow Vision. При построении физической и математической модели процесса использовались уравнения теплопереноса в твердом теле, гидродинамики слабо сжимаемой жидкости, описывающие движение газа при дозвуковых числах Маха, модель горения, предназначенная для расчета процессов сжигания газообразного топлива в воздухе, а также модель излучения в объеме, предполагающая, что среда раскаленных газов поглощает и излучает электромагнитные волны инфракрасного, светового и ультрафиолетового диапазонов. Геометрическая модель внутренней полости камеры печи была предварительно построена с помощью программы Компас 3D и затем импортирована во Flow Vision. В результате численного эксперимента получены распределения скоростей, давлений и температур во всех точках топочного пространства, что позволило оценить условия работы элементов конструкции. Выявлены застойные зоны, а также зоны перегрева труб змеевиков, что позволяет наметить пути реконструкции исследуемой печи с целью увеличения межремонтного пробега.

Ключевые слова: печь установки гидроочистки, перегрев металла, коксообразование, теплоперенос, математическое моделирование, программный комплекс Flow Vision

MATHEMATICAL MODELING OF A MULTI-CHAMBER FURNACE OF A GASOLINE HYDROTREATING PLANT FOR THE PURPOSE OF DETERMINING THE ZONES OF OVERHEATING AND COKING

[1]Ivanenko A.Yu., [1]Yablokova M.A., [1]Ponomarenko E.A., [2]Grabskaya N.V.

[1]St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg, e-mail: marina.yablokova@gmail.com;

[2]Gasprom pererabotka, Saint-Petersburg, e-mail: Gpp@gpp.gazprom.ru

A survey of a multi-chamber radiation-convective furnace of a straight-run gasoline hydrotreatment plant was conducted to determine overheating zones and possible coke formation zones. The furnace consists of a convection chamber and five radiation chambers. Most of the heat load in tubular furnaces is absorbed by the radiant sections. The main cause of pipe burnout is overheating of the metal in places of coke deposits. Preliminary search for the most likely overheating zones was carried out by conducting a numerical experiment using the Flow Vision software package. The physical and mathematical model of the process was based on the equations of heat transfer in a solid, the hydrodynamics of a weakly compressible liquid describing the movement of gas at subsonic Mach numbers, the combustion model for calculating the combustion of gaseous fuel in the air, and the radiation model in the volume, which assumes that the medium of hot gases absorbs and emits electromagnetic waves of the infrared, light and ultraviolet ranges. The geometric model of the inner cavity of the furnace chamber was previously built using the Compass 3D program and then imported into Flow Vision. As a result of the numerical experiment, distributions of velocities, pressures, and temperatures were obtained at all points of the furnace space, which allowed us to estimate the working conditions of the structural elements. stagnant zones, as well as zones of overheating of coil pipes are identified, which allows us to outline ways to reconstruct the furnace under study in order to increase the inter-repair run.

Keywords: hydrotreating unit furnace, metal overheating, coking, heat transfer, mathematical modeling, Flow Vision software package

На Атырауском нефтеперерабатывающем заводе возникла задача увеличения межремонтного пробега установки гидроочистки прямогонного бензина с двух до трех лет [1, 2]. Одной из основных причин малого межремонтного пробега является неравномерная тепловая нагрузка на многозональную коробчатую печь, которая служит для нагревания промежуточных продуктов до температуры реакции.

Существующая на заводе печь, выполненная по проекту института «Ленгипрогаз», представляет собой коробчатую многозональную многокамерную конструкцию (рис. 1).

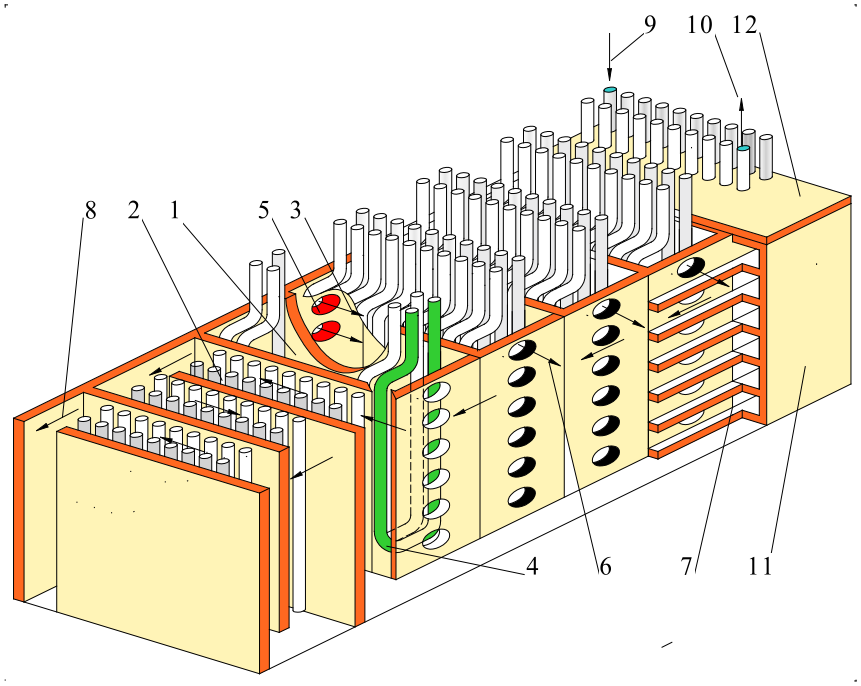


Рис. 1. Схема многокамерной трубчатой печи: 1 – радиантная камера, 2 – камера конвекции, 3 – радиантная секция, 4 – труба змеевика, 5 – горелка, 6 – выход дымовых газов из радиантной камеры, 7 – канал дымовых газов, 8 – выход газов из печи, 9 – вход сырья, 10 – выход сырья, 11 – стена печи, 12 – свод печи

Радиационно-конвективная часть печи состоит из камеры конвекции и пяти камер радиации. Теплообменная поверхность трубчатой печи [3] имеет вид змеевиков, выполненных в виде вертикальных петель, по которым движется нагреваемая жидкость. Внутренний объем печи разделен вертикальными стенками на две неравные части, из которых одна является камерой радиации (топочным пространством), а другая – камерой конвекции. В камере радиации смонтированы топливные форсунки. Количество форсунок в каждой из пяти камер – 6 шт., общее количество – 30 шт. Основной проблемой при эксплуатации печи является разрушение части труб из-за коксообразования и связанного с ним перегрева. Именно эти причины не позволяют повысить межремонтный пробег печи с двух до трех лет.

Повреждение труб змеевика представляет собой одну из наиболее серьёзных аварий печи [4]. Они работают в условиях высоких температур и значительных внутренних давлений. Как показывает статистический анализ наиболее часто возникающих дефектов змеевиков трубчатых печей [5, 6], прогар труб встречается примерно в 10–15% случаев, несколько чаще встречаются дефекты, вызванные износом наружной поверхности – 18–20%, износ внутренней поверхности и окалина являются причиной возникновения дефектов приблизительно в 10–15% случаев, остальной процент аварий приходится на иные факторы (прогиб и т.п.).

Основной причиной прогара труб является перегрев металла в местах коксовых отложений. Средняя температура в радиантной камере примерно равна 800–900 °С, а в конвекционной камере – 500–600 °С [3]. Следовательно, стенки радиантных труб нагреваются до более высокой температуры, чем стенки конвекционных труб. Высокая температура поверхности трубопровода вызывает термическое разложение прилегающих к ней слоев жидкости с образованием кокса, отлагающегося на внутренней поверхности трубы. Интенсивность коксообразования зависит от температурного режима работы и от скорости движения продукта по трубам [5–7]. Чем выше температура и меньше скорость потока, тем интенсивнее коксообразование.

При турбулентном режиме движения жидкости по трубам вблизи стенок жидкость движется во много раз медленнее, чем в ядре потока. Чем выше шероховатость поверхности трубы и чем меньше скорость движения жидкости, тем больше толщина

пограничного слоя. Этот слой подвергается интенсивному перегреву и термическому разложению с образованием кокса. Таким образом, основной задачей снижения коксообразования и, соответственно, повышения надежности работы печи является обеспечение равномерности полей температур, скоростей и интенсивности перемешивания в межтрубном пространстве радиационных и конвективной камер печи.

Целью настоящей работы являлось математическое моделирование полей скоростей и температур в горизонтальном и вертикальном сечениях радиантной камеры коробчатой печи для выявления зон перегрева и коксообразования.

В задачу численного эксперимента входило определение:

– максимальных температур на наружной стороне труб;

– неравномерности нагрева наружных стенок труб в радиантной камере коробчатой печи;

– приведенного коэффициента теплоотдачи от топочных газов к стенке трубы.

Исходными данными для расчета являлись габаритные размеры печи: длина 23,5 м; ширина 7,0 м; высота 11,2 м. Теплопроизводительность – 24440 кВт. Расход исходного сырья (прямогонный бензин) – 40200 кг/час. Максимальное давление на входе – 5 МПа.

Распределение труб и форсунок по камерам представлено в таблице.

Математическое моделирование полей скоростей и температур в многозональной печи

Для проведения газодинамических и тепловых расчетов печи был использован программный комплекс (ПК) FlowVision v 2.3 [8–10], предназначенный для решения трехмерных уравнений динамики жидкости и газа. ПК FlowVision позволяет проводить расчет сложных движений газа и жидкости, сопровождаемых дополнительными физическими явлениями, такими как турбулентность, горение, теплоперенос и т.п. В систему FlowVision можно импортировать геометрическую модель из любой CAD-системы трехмерного моделирования [8–10]. При построении физической модели процесса использовались уравнения движения однородной жидкости при различных скоростях с учетом эффектов сжимаемости, турбулентности и теплопереноса.

Применялась модель теплопереноса, обычно используемая в задачах сопряженного теплообмена для учета теплопереноса между жидкостью и твердым телом.

В модель включено уравнение энергии, записанное через энтальпию.

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{\rho}\nabla\left[\frac{\lambda}{C_p}\nabla h\right], \qquad (1)$$

где h – энтальпия; t – время; ρ – плотность; C_p – удельная теплоемкость; λ – коэффициент теплопроводности.

Использовали гидродинамическую модель слабо сжимаемой жидкости, описывающую движение газа при дозвуковых числах Маха и любых изменениях плотности [11]. В данной модели присутствовали уравнение Навье – Стокса

$$\frac{\partial(\rho V)}{\partial t} + \nabla(\rho V \otimes V) = $$
$$= -\nabla P + \nabla\left((\mu + \mu_T)\left(\nabla V + (\nabla V)^T\right)\right) + \rho B \qquad (2)$$

и уравнение неразрывности

$$\nabla(\rho V) = 0. \qquad (3)$$

Для моделирования турбулентного течения в данной задаче использовалась так называемая стандартная k-ε модель турбулентности [11–13], включающая в себя уравнения для переноса и диссипации турбулентной энергии:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho V k) = $$
$$= \nabla\left(\left(\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_k}\right)\nabla k\right) + G - \rho\varepsilon, \qquad (4)$$

Распределение труб и форсунок по камерам

Камера печи	Количество труб	Количество форсунок	Диаметры труб, мм
конвекционная	60	–	219x8
1-я радиантная	20	6	108x8
2-я радиантная	24	6	76x8
3-я радиантная	24	6	76x8
4-я радиантная	20	6	108x8
5-я радиантная	14	6	108x8

$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t}+\nabla(\rho V\varepsilon)=$$
$$=\nabla\left(\left(\mu+\frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon}\right)\nabla\varepsilon\right)+\frac{\varepsilon}{k}\left(C_1G-C_2\rho\varepsilon\right). \quad (5)$$

В уравнениях (4) и (5) через G обозначено выражение

$$G=\mu_T\frac{\partial V_i}{\partial x_i}\left(\frac{\partial V_i}{\partial x_j}+\frac{\partial V_j}{\partial x_i}\right). \quad (6)$$

Данная модель является полуэмпирической, и численные значения входящих в неё коэффициентов получены из экспериментальных данных [13]. Значения параметров k-ε модели равны $\sigma_k = 1{,}0$; $\sigma_\varepsilon = 1{,}3$; $C_\mu = 0{,}09$; $C_1 = 1{,}44$; $C_2 = 1{,}92$.

В уравнениях (2)–(7): V – вектор скорости; P – давление; μ – динамическая вязкость; B – силы тяжести и вращения (Кориолиса и центробежная).

Перенос теплоты в потоке описывается уравнением для энтальпии h:

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t}+\nabla(\rho Vh)=\nabla\left(\left(\frac{\lambda}{C_P}+\mu_T\right)\nabla h\right). \quad (7)$$

Для моделирования процессов сжигания метана в горелках в присутствии воздуха применялась модель горения [8], основанная на уравнениях, которые описаны в модели слабо сжимаемой жидкости. В модель входили уравнения Навье – Стокса; уравнения для k и ε; уравнения состояния идеального газа; уравнения энергии; уравнения для скалярных величин ξ, описывающих концентрацию топлива, окислителя, продуктов сгорания и оксидов азота:

$$\frac{\partial(\rho\xi)}{\partial t}+\nabla(\rho V\xi)=\nabla\left(\left(\mu+\mu_T\right)\nabla\zeta\right)+Q_\xi, \quad (8)$$

где Q_ξ – массовый поток вещества.

Процесс горения представляется в виде брутто-реакции

1 кг топлива + i-кг окислителя $\xrightarrow{W}$ (1 + i)-кг продуктов сгорания.

В зависимости от выбора скорости брутто-реакции W различают:

– модель Зельдовича (модель «что смешалось, то сгорело») [14], в которой скорость W предполагается бесконечно большой, а окислитель и горючее не существуют одновременно в одной точке пространства;

– кинетическую модель горения [8], в которой скорость W определяется кинетикой процесса, что справедливо при ламинарном течении смеси топлива и окислителя. В кинетической модели скорость брутто-реакции W выбирается в виде закона Аррениуса W_{kin};

– турбулентную модель горения [8], в которой скорость W определяется скоростью турбулентного смешения W_{mix} топлива и окислителя (эта модель справедлива для предварительно неперемешанных топлива и окислителя);

– пульсационную модель горения, где скорость W определяется уровнем относительных пульсаций γ, принимающих значение 0 при полностью перемешанном горючем и окислителе и значение 1 при неперемешанных компонентах [11]:

$$\frac{1}{W}=\frac{1-\gamma}{W_{kin}}+\frac{\gamma}{W_{mix}}. \quad (9)$$

При решении задачи использовалась также модель излучения в объеме. Она предполагает, что среда раскаленных газов поглощает и излучает электромагнитные волны инфракрасного, светового и ультрафиолетового диапазонов. В задаче использовалась диффузионная модель FlowVision [8], которая предполагает, что поле излучения изотропно, и дымовые частицы не влияют на радиационный перенос энергии.

Геометрическая модель внутренней полости камеры печи предварительно была построена с помощью системы Компас 3D и затем импортирована во FlowVision.

При построении геометрической модели весь исследуемый объем разбивался на две подобласти: внутреннюю полость печи, заполненную горячим газом (т.е. внутренний объем камеры за вычетом объема, занимаемого трубами змеевиков), и подобласть, занимаемую собственно трубами. Течение среды внутри труб не моделировалось, трубы задавались как твердые тела с внутренним стоком теплоты. Теплоперенос между стенкой трубы и нагреваемым продуктом учитывался в интегрированном виде в коэффициентах теплового сопротивления при постановке граничных условий (подробнее см. ниже).

Для уменьшения требуемых ресурсов компьютера (объема оперативной памяти и быстродействия) были использованы свойства продольной симметрии исследуемого объема. Строго говоря, в верхней части камеры трубы расположены не совсем симметрично относительно центральной плоскости, но это не сильно влияет на конфигурацию газовых потоков в камере. Полный объем камеры был разбит на несколько объемов меньшего размера вертикальной и горизонтальной плоскостями. Один из таких расчетных объемов показан на рис. 2.

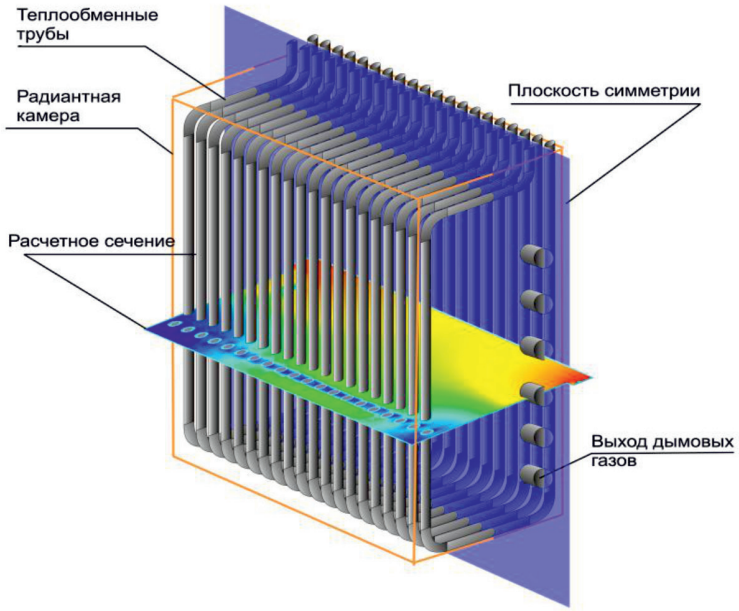


Рис. 2. Положение расчетного сечения, для которого строились слои визуализации

Постановка задачи численного моделирования

В области межтрубного пространства задавалась модель слабосжимаемой жидкости (по терминологии FlowVision) совместно с моделями теплопереноса и излучения газа. В качестве рабочей среды задавались смесь продуктов сгорания углеводородсодержащего газа с учетом избытка воздуха 15 %.

При этом принимали начальные значения температуры газа в камере – $T_0 = 900$ °C; начальную степень турбулизации потока – $b = 0{,}03$.

Степень турбулизации потока оценивалась параметром b, который входит в уравнение для оценки кинетической энергии турбулентности k, приведенной к характерной скорости потока V_m:

$$k = \left(\frac{bV_m}{2}\right)^2. \qquad (10)$$

Параметр b используется для задания начальных и граничных условий. При $b < 0{,}03$ наблюдается слабая турбулизация потока; при $0{,}03 < b < 0{,}05$ – средняя турбулизация потока; при $0{,}05 < b < 0{,}1$ – высокая турбулизация потока.

Для задания начальных и граничных условий для скорости диссипации турбулентности ε использовался масштаб турбулентности (характерный размер вихря). Для внутренних течений он обычно выбирается как 1/10 характерного размера входного сечения, для внешнего обтекания принимается как 1/10 характерного размера обтекаемого тела. В нашем случае масштаб турбулентности – $l = 0{,}5$ м.

В качестве граничных условий на стенке принимали нулевой поток теплоты. Внешнюю теплоизоляцию считали идеальной и потерями теплоты через кирпичную футеровку пренебрегали.

Коэффициент черноты, который используется в расчете переноса теплоты излучением, для футеровки из огнеупорного кирпича может быть принят равным 0,85 [15].

Граничное условие для скорости – ламинарный пограничный слой с логарифмическим профилем. Значение шероховатости для футеровки из огнеупорного кирпича принимали равным 1,0 мм.

На стенке трубы змеевика в качестве граничного условия для температуры было принято условие для теплового потока с сопротивлением. Это граничное условие используется в тех случаях, когда к стенке расчетной области примыкает прослойка (в нашем случае – стенка трубы плюс имеющие тепловое сопротивление загрязнения), которая может быть заменена тепловым сопротивлением.

Среднюю температуру среды внутри труб принимали равной 500 °C, общий коэффициент теплопереноса считали равным 12 Вт/(м^2·К). По данным [15], коэффициент черноты для окисленной стали может быть принят равным 0,8.

Граничное условие для скорости – ламинарный пограничный слой с логарифмическим профилем. Значение шерохова-

тости для окисленной стали принимали равным 0,1 мм.

На плоскости симметрии для всех параметров в качестве граничного условия задаем условие симметрии.

Граничное условие для температуры на входе в камеру: входная температура продуктов сгорания топлива 950 °С, что соответствует температуре дымовых газов на выходе из радиантной камеры 820 °С. Коэффициент черноты = 0 [15].

Граничное условие для скорости на входе в камеру – нормальный массовый поток (поток массы, приведенный к площади входного патрубка) равен 0,63 кг/(м^2·с).

В качестве граничных условий на входе в камеру для турбулентной энергии задаем начальную степень турбулизации потока b = 0,03. В качестве граничных условий для энергии диссипации турбулентности задаем масштаб турбулентности l = 0,1 м.

Граничные условия на выходе из камеры: для температуры – нулевой поток; лля скорости – свободный выход; для турбулентной энергии и энергии диссипации турбулентности – нулевой поток. Коэффициент черноты = 0 [15].

Результаты численного эксперимента и их обсуждение

В результате численного эксперимента получены распределения скоростей и давлений жидкости во всех точках расчетного пространства, что позволило оценить эффективность конструкции. На рис. 2 показано положение расчетного сечения, для которого строились слои визуализации. В данное сечение попадают вертикальные участки змеевиковых труб.

На рис. 3 приведено распределение скоростей в горизонтальном сечении радиантной камеры, на рис. 4 – поле температур в том же сечении. На рис. 5 показано распределение скоростей в вертикальном сечении радиантной камеры; на рис. 6 – поле температур в том же сечении.

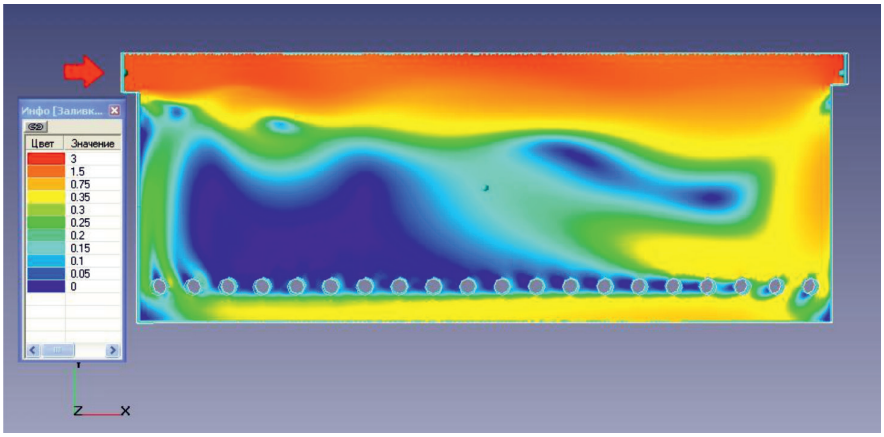


Рис. 3. Распределение скоростей в горизонтальном сечении. Слой визуализации – заливка из абсолютного значения скорости

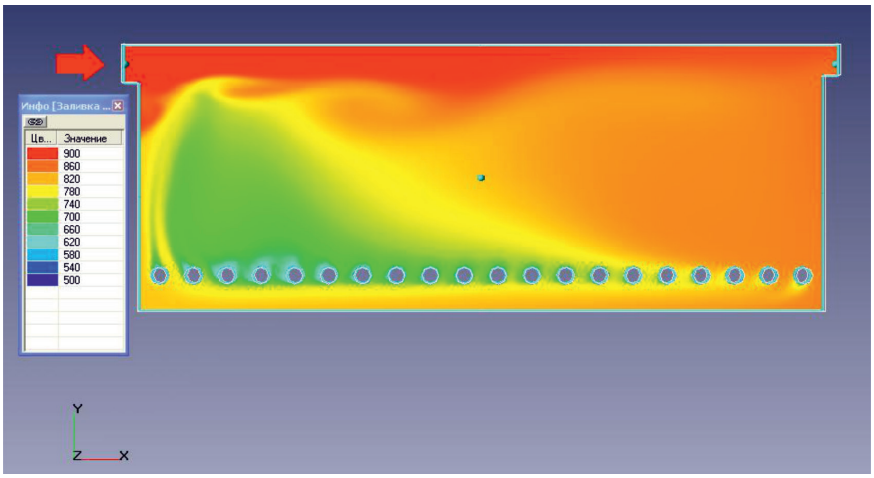


Рис. 4. Поле температур в горизонтальном сечении радиантной камеры

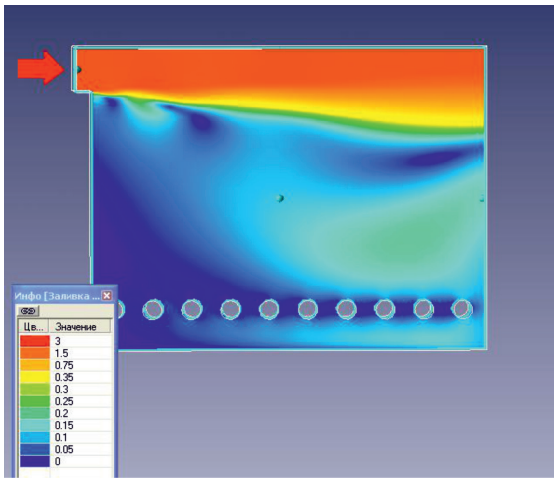


Рис. 5. Распределение скоростей в вертикальном сечении радиантной камеры

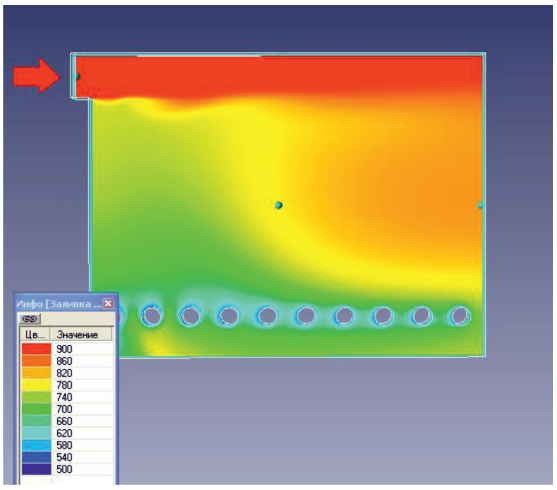


Рис. 6. Поле температур в вертикальном сечении радиантной камеры

Как видно из рис. 3 и 5, течение газов в камере отличается крайней неравномерностью. В центральной области образуется несколько вихревых зон, при этом факел раскаленных газов проходит по центральной части камеры и растекается по противоположной стенке. Это приводит к возникновению возвратного течения вдоль стенки между вертикальной стенкой и трубами змеевика. В результате вблизи труб, расположенных ближе к горелкам, формируется ярко выраженная застойная зона, простирающаяся до середины камеры (рис. 3). На рис. 3 показана заливка слоя по скорости газа, из которой видно, что в застойной зоне скорости газа чрезвычайно малы – менее 0,05 м/с.

На рис. 4 и 6 показано распределение температур в горизонтальном и вертикальном сечениях камеры. Распределение температур также отличается большой неравномерностью. Видно, что наихудшие условия наблюдаются на вертикальных участках змеевиковых труб. Расчетные значения максимальных и минимальных температур наружных стенок змеевиковых труб (нумерация труб на рисунках идет слева направо):

– максимальная температура равна 645 °С – труба № 20;

– минимальная температура равна 514 °С – трубы № 2 – 4.

Заключение

Результаты численного эксперимента отчетливо продемонстрировали, что в области расположения крайних труб температура в камере намного превышает среднюю. Возможен перегрев крайних труб, который может вызвать повышенное коксообразование на их стенках со всеми вытекающими негативными последствиями – прогаром и разрушением.

Выявление застойных зон, а также зон перегрева труб змеевиков позволяет наметить пути реконструкции исследуемой печи с целью увеличения межремонтного пробега.

Работа выполнена при поддержке госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Список литературы

1. Казахстанские НПЗ перейдут на 3-летний межремонтный интервал // Портал Neftegaz.RU. 2017. 11 мая. [Электронный ресурс]. URL: https://neftegaz.ru/news/neftechim/210380-kazakhstanskie-npz-pereydut-na-3-letniy-mezhremontnyy-interval/ (дата обращения: 12.01.2020).

2. В 3 руки. На Атырауском НПЗ дан старт пусковым работам на Комплексе глубокой переработки нефти // Портал Neftegaz.RU. 2017. 15 декабря. [Электронный ресурс]. URL: http: https://neftegaz.ru/news/neftechim/204650-v-3-ruki-na-atyrauskom-npz-dan-start-puskovym-rabotam-na-komplekse-glubokoy-pererabotki-nefti/ (дата обращения: 12.01.2020).

3. Трубчатые печи: конструкция и характеристики // PRO НПЗ. Нефтепереработка. [Электронный ресурс]. URL: https://pronpz.ru/pechi/konstruktiv.html (дата обращения 10.01.2020).

4. Пожарная опасность трубчатых печей. Справочно-методическое пособие. Ижевск: Отряд ВППО ОАО «Удмуртнефть», 2001. 24 с.

5. Халиков Р.А., Хазиахметов М.Ф., Оськин Ю.В. Дефекты трубчатых змеевиков печей нефтеперерабатывающих и нефтехимических установок // Химическая техника. 2015. № 9. С. 19–24.

6. Образцова Е.И. Оптимальное конструирование змеевика трубчатой печи при промежуточном отборе паровой фаз: автореф. дис. … канд. техн. наук. Уфа, 2004. 23 с.

7. Садилов А.И., Лосев Д.А., Селезнева А.А., Чепкасова О.А. Анализ характерных дефектов печей нагрева нефти по результатам технического диагностирования // Молодой ученый. 2015. № 22. С. 181–182. [Электронный ресурс].

URL: https://moluch.ru/archive/102/23308/ (дата обращения: 12.01.2020).

8. Программный комплекс FlowVision 2003+, Руководство пользователя. М.: Тесис, 2012. 311 с.

9. Иваненко А.Ю., Яблокова М.А., Петров С.И. Моделирование процесса выделения эмульгированных нефтепродуктов из воды в аппарате с олеофильными пластинами синусоидального профиля // Теоретические основы химической технологии (ТОХТ). 2010. Т. 44. № 5. С. 588–600.

10. Яблокова М.А., Иваненко А.Ю., Турыгин В.Ю. Очистка подтоварных вод нефтеприисков с целью повторной закачки в нефтеносные пласты для поддержания внутрипластового давления // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2012. № 14 (40). С. 78–84.

11. Илалетдинов Л.Ф. Параметрическое моделирование сжигания древесного генераторного газа с помощью пакета прикладных программ Flow Vision // Интеллектуальные системы в производстве. 2013. № 1 (21). С. 23–28.

12. Tomás Chacón Rebollo, Roger Lewandowski. Mathematical and Numerical Foundations of Turbulence Models and Applications. Springer New York, 2014. 530 p.

13. Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Шур М.Л. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений. СПб.: Изд. Политехнич. университета, 2012. 88 с.

14. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б. и др. Математическая модель горения и взрыва. М.: Наука, 1980. 478 с.

15. Теплотехника: учебник для вузов / Ред. А.П. Басков. 3-е изд., перераб. и доп. М.: БАСТЕТ, 2010. 328 с.

УДК 005:62-19

МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ РИСКОМ АВАРИЙ ОБЪЕКТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Извеков Ю.А., Грачева Л.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: yurij.izvekov@mail.ru

Проанализированы модели принятия решений в управлении риском аварий объектов металлургического предприятия. Рассмотрена совокупность всех кранов на ПАО (Публичное акционерное общество) ММК (Магнитогорский металлургический комбинат). Выяснено, что 82% кранов используются за пределами гарантийных сроков эксплуатации. Большую часть этой совокупности – около 70% – составляют мостовые краны различной грузоподъемности и режимов работы. Статья является продолжением исследования конструкционного риск-анализа сложных объектов. Рассматриваются три модели принятия решений: модель гарантированной надежности, модель штатных аварий, модель идеального мониторинга. Получены результаты риска и приемлемого риска, а также показатели экономической эффективности каждой из моделей. Сделан вывод, что на сегодняшний день оптимальным является модель штатных аварий. Представляется допустимым сохранить то, что есть в эксплуатации, с учетом предложенных решений разработать мероприятия технического обслуживания и управлять риском аварий мостовых металлургических кранов. Полученные результаты могут быть использованы в математических моделях успешно разрабатываемого в настоящее время конструкционного риск-анализа. Предполагается, что приведенные исследования могут быть положены в основу новых математических моделей управления риском мостовых металлургических кранов, аварии и катастрофы на которых происходят не случайно, а в тех случаях, когда превышается некоторый критичный уровень сложности и уровень незнания или неучета динамики опасных процессов.

Ключевые слова: модель, авария, мостовой металлургический кран, принятие решений, риск, оптимальные решения

DECISION-MAKING MODEL IN ACCIDENT RISK MANAGEMENT OF METALLURGICAL FACILITIES

Izvekov Yu.A., Gracheva L.A.

Magnitogorsk State Technical University of G.I. Nosov, Magnitogorsk, e-mail: yurij.izvekov@mail.ru

The decision-making models in the management of emergency facilities of a metallurgical enterprise are analyzed. MMK Public Joint-Stock Company (Magnitogorsk Iron and Steel Works). It was found that 82% of cranes are used outside the warranty period of operation. Most of this aggregate – about 70% produce bridge cranes. The article is a continuation of the study of structural risk analysis of complex objects. Three decision-making models are considered: a guaranteed reliability model, a standard accident model, and an ideal monitoring model. The results of risk and acceptable risk are obtained, as well as indicators of economic efficiency of each of the models. It is concluded that the optimal accident model is currently optimal. It seems permissible to maintain what is in operation, taking into account the proposed solutions, develop maintenance measures and manage the risk of accidents of overhead metallurgical cranes. The results can be used in mathematical models of the structural risk analysis currently being successfully developed. It is assumed that the above studies can be the basis for new mathematical models of risk management of bridge metallurgical cranes, the accident and catastrophe of which does not occur accidentally, but in cases where a certain critical level of complexity and the level of ignorance or neglect of the dynamics of dangerous processes are exceeded.

Keywords: model, accident, bridge metallurgical crane, decision making, risk, optimal solutions

При принятии решений по управлению риском аварий объектов металлургического предприятия всегда нужно проводить мониторинг их состояния. Одними из наиболее опасных объектов металлургического предприятия являются краны различного назначения и конструкции. В таких сложных технических системах в процессе эксплуатации принятие решений будет основано на моделях, принципах и уровнях управления риском их аварий $R(t)$ [1, 2].

В качестве исследуемых объектов рассмотрим краны различной конструкции ПАО (Публичное акционерное общество) ММК (Магнитогорский металлургический комбинат), представленные в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные по относительным единицам ущербов

Мостовые краны	756
Козловые	33
Портальные	5
Стреловые	128
Другие	187

Предварительный анализ кранов показал следующее распределение по гарантийным срокам эксплуатации (рис. 1).

Видно, что мостовые металлургические краны составляют 68% от общего количе-

ства на предприятии, а краны, отработавшие нормативный срок, – 82 %. Но они все равно продолжают эксплуатироваться.

Таким образом, статья, посвященная разработке и описанию моделей принятия решений по управлению риском аварий объектов металлургического предприятия, представляется достаточно актуальной.

Цель исследования: на основе разрабатываемой и уточняемой теории конструкционного риск-анализа определить модели принятия решений по управлению риском мостовых металлургических кранов.

Целью данной статьи является модельный анализ принятия решений по управлению риском мостовых металлургических кранов.

Материалы и методы исследования

Предложим описать состояние крана целым числом $n = 0$, что будет соответствовать авариям с недопустимым уровнем ущерба $U(t)$. Если n будет больше, то в более безопасном состоянии будет находиться рассматриваемый объект. Безусловно, здесь состояние объекта должно рассматриваться вероятностным образом [1, 3].

Полагаем, что в момент сдачи в эксплуатацию крана $t = t_0 = 0$ он имел оценку надежности n_0 и риска $R(t_0)$. Считаем, что стоимость производства равна C и не зависит от оценок безопасности, а затраты, направленные на снижение рисков, будут $Z(p)$.

В этом случае модель принятия решений будет включать стратегию управления риском и оценки экономического эффекта от работы крана.

Результаты исследования и их обсуждение

Модель гарантированной надежности.

Рассмотрим случай, когда, несмотря на все принимаемые меры, состояние крана будет ухудшаться. Тогда время эксплуатации до аварии будет определяться только n_0. Экономическая составляющая эффекта от работы будет [1]:

$$D_1 = \left(C - Z\left(p\right)\right)n_0. \qquad (1)$$

Это тот случай, когда кран, отработавший гарантийный срок эксплуатации более не эксплуатируется. Плюс такой модели принятия решений – не нужен мониторинг. Минус – время до аварии может быть маленьким, собственник может отказаться от эксплуатации, хотя на самом деле объект может находиться в работоспособном состоянии.

Риск аварии объекта тогда будет

$$R(t) = \left(1 - p\right)^{n_0}. \qquad (2)$$

Если p близка к единице, а n_0 большое, то риск аварии будет очень малым. Как мы показали выше, это практически идеальная ситуация.

Модель штатных аварий.

При проектировании кранов обязательно учитываются так называемые штатные или нормальные аварии. В этом случае среднее время до аварии будет

$$\bar{M} = \sum_{m=1}^{\infty} m * p(m \mid n_0), \qquad (3)$$

m – момент времени.

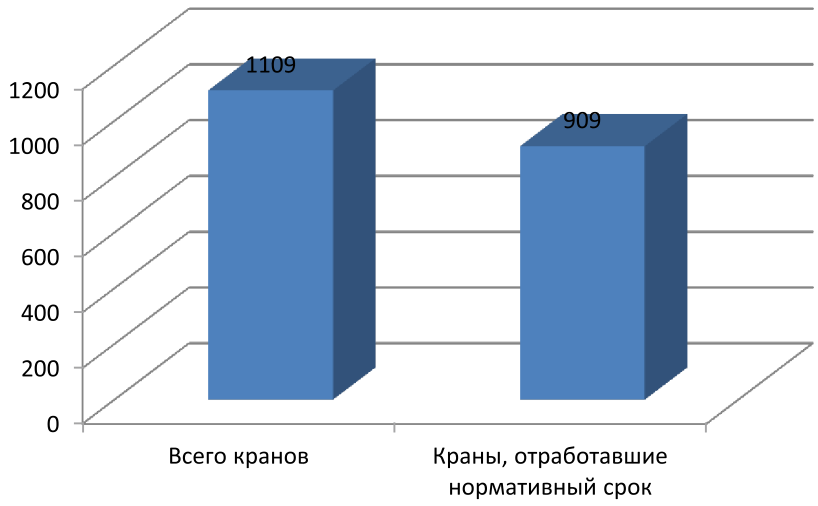


Рис. 1. Распределение кранов по гарантийным срокам эксплуатации

Тогда экономическая составляющая, в отличие от (1), становится случайной величиной с математическим ожиданием:

$$\bar{D}_2 = \sum_{m=0}^{T} m\left[\left(C - Z(p)\right) p(m|n) - p(m|n) L\right], \quad (4)$$

где T – время эксплуатации крана, L – стоимость ликвидации последствий аварии.

В этом случае, если хорошо отработана система технического облсуживания $\left(p > \frac{1}{2}\right)$, аварии можно избежать. Управление риском в этом случае сводится к выбору режима технического обслуживания и проектного срока эксплуатации.

Модель идеального мониторинга.

В предыдущем случае было необходимо в штатном режиме ликвидировать последствия крупной аварии. В этом случае если мы будем обладать системой идеального мониторинга, то в критической ситуации нужно будет просто прекратить эксплуатацию крана. Предполагая, что такая высокоэффективная система мониторинга в единицу времени требует затрат N, экономическая составляющая в среднем составит:

$$\bar{D}_3 = \left(C - Z(p) - N\right) \sum_{m=0}^{\infty} m * p(m,n). \quad (5)$$

Модель принятия решений на изменения технического состояния металлургических мостовых кранов.

Модели (1)–(5) подразумевают, что величины p, $Z(p)$, L, C, N существенно не меняются за время эксплуатации крана. Однако практика показывает, что это не совсем так. Количество аварий на металлургических предприятиях показывает, что технические, социальные, психологические, экономические и показатели конструкционного риск-анализа становятся наиболее существенными [4].

В соответствии с [1–3, 5] модель принятия решений в управлении риском аварий мостовых кранов металлургического предприятия может быть получена в трех направлениях [1, 3].

Первое направление связано с новым междисциплинарным подходом к рискам и безопасности на первом этапе хотя бы несущих конструкций рассматриваемых объектов.

На сегодняшний день существует достаточно большое количество подходов и научных и конструкторских разработок в каждой области технологий, есть свои понятия о надежности и риске, но, к сожалению, между ними нет ничего общего. В этом случае модель принятия решений должна быть чисто нормативной, отраслевой, объектовой.

На самом деле в России сейчас ресурсов, чтобы вывести из эксплуатации деградировавшие краны и заменить их новыми, а также внедрить современные наукоемкие идеальные системы мониторинга и снизить риск аварий до нормативных требований, в больших количествах попросту нет. Поэтому представляется допустимым сохранить максимально то, что эксплуатируется с приемлемыми рисками, а затем вводить новые проекты по снижению риска аварий.

Рассмотрим экономические составляющие для различных моделей принятия решений.

В предыдущих работах [2, 3] показано, что аварии мостовых кранов на металлургическом предприятии могут быть трех типов: мелкие, незначительные аварии, катастрофические. Считая, что из 756 мостовых кранов на ПАО ММК – 620 работают за пределами гарантийных сроков, а 136 эксплуатируются нормативно, приведем модельные расчеты их экономической эффективности.

Суммарный средний за 15 лет эксплуатации ущерб может быть оценен по следующей формуле:

$$\bar{U} = N * G * \tilde{C}, \quad (6)$$

N – количество эксплуатирующихся кранов;
G – срок гарантийной эксплуатации;
$\tilde{C}$ – нижняя граница суммарного ущерба.

Тогда для всей совокупности мостовых кранов:

$$\bar{U} = N * G * \tilde{C} =$$

$$= 756 * 15 * 2{,}1 = 23814 \text{ условных единиц}$$

(усл. ед.).

1 усл. ед. – 1000 $.

Для всей совокупности кранов, а также с учетом их эксплуатационных нагрузок (напряжения и деформации) и режимов работы рассчитаем средние ущербы для трех типов аварий [1–3]:

– первый тип соответствует 2382 авариям;
– второй тип – 239 авариям;
– третий тип – 24 катастрофам.

Получены важные показатели, но все-таки представляется достаточно серьезным, что может произойти 24 аварии катастрофического типа. Тогда, принимая $n_0 = 15$, $p = 0{,}107$; рассчитаем приемлемый риск по (2):

$$R(t_0) = (1 - 0{,}107)^{15} = 0{,}183.$$

Задаваясь значением надежности и вероятностью аварий, можно увидеть распределение конструкционного риска металлургических мостовых кранов по годам при заданной надежности (рис. 2).

Тогда, принимая в среднем $C =$ = 100000 усл. ед. [6]:

$$D_1 = (100000 - 23814) * 15 = 1142790 \text{ усл. ед.}$$

$$\bar{D}_2 = 1260856 \text{ усл. ед.}$$

$$\bar{D}_3 = 378360 \text{ усл. ед.}$$

Полученные расчетные данные удовлетворительно согласуются с реальными данными [1, 5, 6].

На основании вышеупомянутых предположений о трех моделях принятий решений в управлении риском аварий объектов металлургического предприятия необходимо принять модель – модель штатных аварий, в том числе и с учетом экономической составляющей (рис. 3).

Хотя первая модель принятия решений может конкурировать со второй, но, как было сказано выше – это практически идеальная ситуация.

При использовании второй модели принятия решений управление риском сводится к выбору технического обслуживания и установления проектного срока эксплуатации, а также приемлемого уровня риска. Если говорить об авариях различных типов, то такая модель предполагается наиболее оптимальной.

Выводы

Металлургическое предприятие в своем составе имеет большое количество единиц грузоподъемного оборудования, счет идет на тысячи. Большая часть такого оборудования эксплуатируется за пределами гарантийных сроков. Принятие решений в управлении риском здесь является важной научно-технической проблемой.

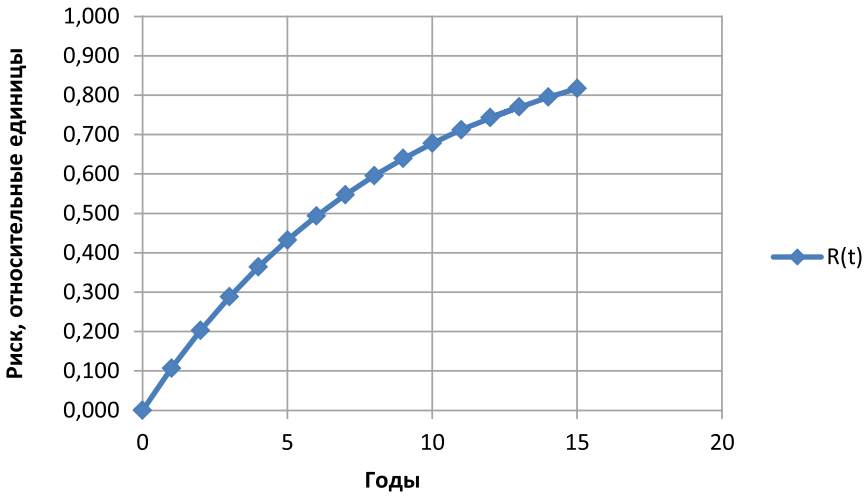


Рис. 2. Распределение конструкционного риска мостовых кранов по годам

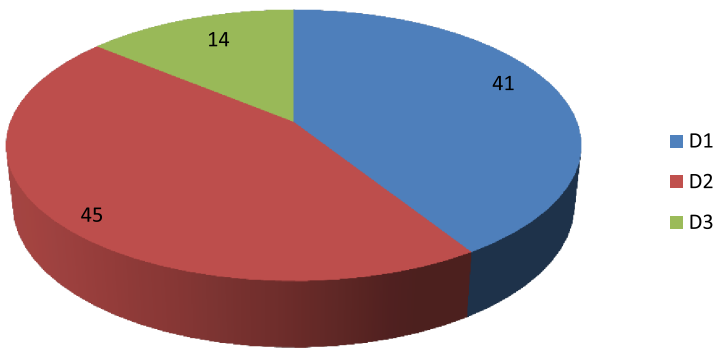


Рис. 3. Распределение кранов по гарантийным срокам эксплуатации

Предполагается, что принятие решений может осуществляться по трем моделям: модель гарантированной надежности, модель штатных аварий, модель с идеальным мониторингом.

Принятие решений в таких условиях предполагает учет параметров конструкционного риска и приемлемого конструкционного риска, надежности, безопасности, социальных, психологических и экономических.

На сегодняшний день в России ресурсов для покупки новых кранов металлургического производства взамен устаревших, а также для высокотехнологичной системы идеального мониторинга нет.

Поэтому за основу предлагается взять вторую модель принятия решений, которая позволяет рассчитать уровень риска, приемлемого риска, технического обслуживания и спроектировать дальнейший срок эксплуатации.

В качестве модельного примера рассчитана экономическая составляющая всех трех моделей, из которых видно, что, как и предполагалось, модель штатных аварий оптимальна.

Предполагается, что приведенные исследования могут быть положены в основу новых математических моделей управления риском мостовых металлургических кранов, аварии и катастрофы на которых происходят не случайно, а в тех случаях, когда превышается некоторый критичный уровень сложности и уровень незнания или неучета динамики опасных процессов.

Список литературы

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Управление ресурсом эксплуатации высокорисковых объектов. М.: МГФ «Знание», 2015. 600 с.

2. Извеков Ю.А., Грачева Л.А. Конструкционный риск-анализ сложных механических систем // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 76-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск. МГТУ, 2018. С. 164–165.

3. Izvekov Yu.A. Qantitative evaluation algoritm for technical system reliability // Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении: научные труды VI Международной научной конференции. М.: ИМАШ РАН, 2019. С. 195–196.

4. Хроника аварий // Ростехнадзор [Электронный ресурс]. URL: https://www.gosnadzor.ru (дата обращения: 22.01.2020).

5. Кремер Н.Ш., Путко Б.А., Тришин И.М., Фридман М.Н. Исследование операций в экономике: 3-е изд., перераб. и доп. Учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. Н.Ш. Кремера. М.: Юрайт, 2014. 438 с.

6. Технорос // Подъемно-транспортное оборудование [Электронный ресурс]. URL: https://tehnoros.ru/products/met/lit/ (дата обращения: 22.01.2020).

УДК 004.326:681.51

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

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

[1]КНАУ им. К.И. Скрябина, Бишкек, e-mail: bgtu_kg@mail.com, jeenbek-58@mail.ru, tbs200618@gmail.com;

[2]КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, e-mail: uluk-2000@mail.ru

В статье представлены материалы по разработке и исследованию информационных устройств, предназначенных для измерения давления в гидравлических системах машин (тензометрический датчик давления), для измерения скоростей движения исполнительных органов (датчик скорости), а также динамометрический резцедержатель с пьезоэлектрическим датчиком для измерения сил резания при токарной обработке на станках. Проанализированы характеристики тензоэффекта материала – коэффициент относительной тензочувствительности K, определяемый как отношение изменения сопротивления к изменению длины проводника, конструкция датчика давления для измерения давления в рабочей полости силового цилиндра гидросуппорта и его преобразование в электрический сигнал, работа и техническая характеристика индукционного датчика с большим ходом, конструктивная схема пьезоэлектрического датчика, электрическая схема пьезоэлектрического преобразователя, динамометрический резцедержатель с пьезоэлектрическим преобразователем для измерения радиальной составляющей силы резания. Представлены их конструкции с полными информациями, позволяющими их изготовление, тарирования характеристики, построенные путем проведения соответствующих экспериментов. Проведено обоснование о возможности их использования в автоматических системах управления технологическими процессами в машиностроении, а также при проведении различных экспериментальных работ в качестве измерительных приборов. Разработанные информационные устройства применимы в автоматических системах управления как измерительные устройства, а также они могут быть использованы в экспериментальных исследованиях в качестве датчиков.

Ключевые слова: информационно-измерительное устройство, датчик давления, скорость, тарировка, преобразователь, коэффициент усиления, пьезоэлектрический датчик, силы резания

DEVELOPMENT OF INFORMATION DEVICES OF SYSTEMS AUTOMATIC CONTROL

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

[1]KNAU named after K.I. Scriabin, Bishkek, e-mail: bgtu_kg@mail.com, jeenbek-58@mail.ru, tbs200618@gmail.com;

[2]KSTU named after I. Razzakov, Bishkek, e-mail: uluk-2000@mail.ru

The article presents materials on the development and research of information devices designed to measure pressure in the hydraulic systems of machines (strain gauge pressure sensor), to measure the speeds of the actuators (speed sensor), as well as a torque tool holder with a piezoelectric sensor for measuring cutting forces when turning on machines. The characteristics of the material strain effect are analyzed – the coefficient of relative strain sensitivity K, defined as the ratio of the change in resistance to the change in the length of the conductor, the design of the pressure sensor for measuring pressure in the working cavity of the hydraulic support power cylinder and its conversion into an electrical signal, operation and technical characteristics of the long-range induction sensor, constructive piezoelectric sensor circuit, piezoelectric transducer circuit diagram, dynamometric sky toolholder with a piezoelectric transducer for measuring the radial component of the cutting force. Their designs are presented with full information, allowing their manufacture, calibration of characteristics, constructed by conducting relevant experiments. The substantiation of the possibility of their use in automatic process control systems in mechanical engineering, as well as during various experimental works as measuring instruments, is carried out. The developed information devices are applicable in automatic control systems as measuring devices, and they can also be used in experimental studies as sensors.

Keywords: information-measuring device, pressure sensor, speed, calibration, transducer, gain, piezoelectric sensor, cutting forces

Информационные устройства (датчики) в системах автоматического управления технологическими процессами, как известно, предназначены для непрерывных измерений величины регулируемого параметра объекта с последующим преобразованием его в электрический сигнал [1–3].

В связи с этим к ним предъявляются повышенные требования, поскольку в целом от качества работы их зависят количественные показатели всей технической системы.

Основные требования, предъявляемые к информационным устройствам:

1) безопасность информационных устройств;

2) высокая чувствительность;

3) возможность регулирования его коэффициента усиления;

4) стабильность характеристик;

5) нечувствительность к вибрациям, изменениям условий окружающей среды;

6) простота конструкций и надежность в работе и др.

С учетом этих требований нами были разработаны ряд информационных устройств для автоматических систем управления технологическими процессами при механической обработке изделий и обработке изделий давлением.

Как известно, в основе тензорезисторов лежит явление тензоэффекта. Характеристикой тензоэффекта материала является коэффициент относительной тензочувствительности K [1]:

$$K = \varepsilon_R / \varepsilon_l \ , \qquad (1)$$

где $\varepsilon_R = \Delta R / R$ – относительное изменение сопротивления проводника; $\varepsilon_l = \Delta l / l$ – относительное изменение длины проводника.

Сопротивление проводника определяется [1, 4–6]:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \qquad (2)$$

где l – длина проводника;

S – площадь поперечного сечения проводника;

ρ – удельное сопротивление материала проводника.

С другой стороны,

$$\Delta R = \rho \Delta l / S - \rho l \Delta S / S^2;$$
$$\Delta R / R = \Delta l / l - \Delta S / S = \Delta l 2 \Delta r / r, \qquad (3)$$

где r – радиус проволоки круглого сечения.

Учитывая, что $\Delta r / r = -\mu \Delta l / l$, получаем

$$\frac{\Delta R}{R} = (1 + 2\mu)\frac{\Delta l}{l}, \qquad (4)$$

т.е. коэффициент тензочувствительности

$$K = \varepsilon_R / \varepsilon_l = 1 + 2\mu, \qquad (5)$$

где μ – коэффициент Пуассона $\mu = -\varepsilon_R / \varepsilon_l$, где $\varepsilon_R = \Delta r / r$.

Коэффициент Пуассона μ для металлов имеет значение в пределах от 0,24 до 0,4, следовательно, коэффициент тензочувствительность для большинства металлов имеет следующие значения: $K = 1,48 \div 1,8$.

На рис. 1 приведена конструкция датчика давления для измерения давления в рабочей полости силового цилиндра гидросуппорта и его преобразование в электрический сигнал, который применяется в качестве измерительного информационного устройства в автоматической системе управления технологическим процессом при токарной обработке.

Рис. 1. Конструкция тензометрического датчика давления

Чувствительным элементом датчика является проволока, которая растягивается при изменении давления P в рабочей полости силового цилиндра гидросуппорта.

Величина относительного удлинения проволоки при толщине трубки датчика δ и внутреннем радиусе r под действием давления P может быть определена по известной формуле:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{P_r}{\delta} \cdot \frac{1}{E}\left(1 - \frac{\mu}{2}\right), \qquad (6)$$

где E – модуль упругости материала датчика; μ – коэффициент Пуассона.

Тарировочная характеристика тензометрического датчика была получена на универсальном гидростенде УГ-1. С помощью напорного золотника Г54 задавались различные значения давлений по показаниям образцового манометра, а измерение выходного тока производилось амперметром.

На рис. 2 представлена тарировочная характеристика датчика давления, в которой $I = k_p \cdot P$, где $k_p = tg\alpha$ – коэффициент усиления датчика давления.

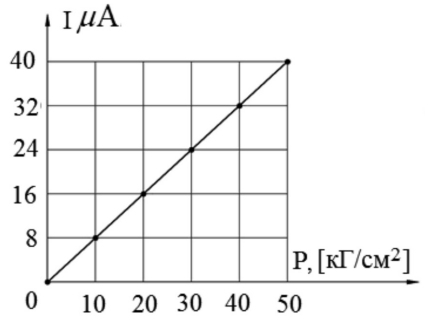


Рис. 2. Зависимость выходного тока датчика при различных значениях давления

Для оценки стабильности подачи инструмента гидросуппорта, а также исследования динамических характеристик исполнительных органов разработанных автоматических систем был разработан совместно с к.т.н. Ф.И. Юнусовым индукционный датчик с большим ходом, принципиальная конструкция его представлена на рис. 3.

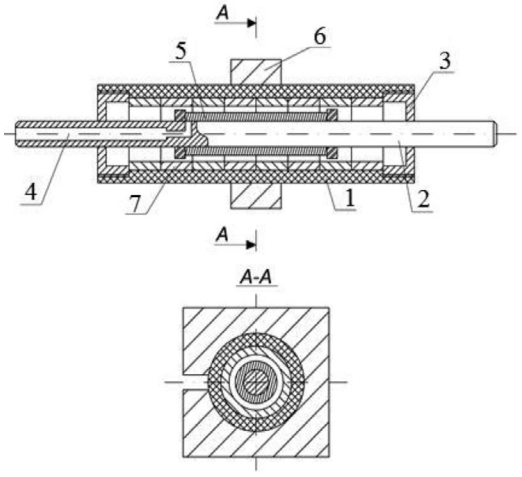


Рис. 3. Конструкция индукционного датчика

Индукционный датчик устанавливается параллельно с силовым цилиндром гидросуппорта станка, и его подвижная часть – корпус 1 – соединёна с силовым цилиндром [3].

Основные детали индукционного датчика: корпус 1, сердечник 2, набор магнитных втулок 7, крышки 3, индукционная катушка 5 и муфта 6.

Сердечник 2 – металлический стержень, свободно перемещающийся внутри корпуса. Концентричность расположения осей сердечника и корпуса осуществляется с помощью двух крышек 3.

На сердечнике намотана индукционная катушка из медной проволоки диаметром 0,2 мм, концы которых выведены через отверстие 4 в торец сердечника и могут подключаться к соответствующему усилителю или измерительным приборам.

Муфта 3 при помощи кронштейна жёстко скрепляется с цилиндром гидросуппорта.

Техническая характеристика индукционного датчика дана в таблице.

Характеристика индукционного датчика

Габаритные размеры	
Длина, мм	1000
Диаметр корпуса, мм	60
Вес, кг	4,7
Техническая характеристика	
Диапазон измерения скорости, м/мин	0,03÷2
Число витков катушки	600
Выходное напряжение, мВ	1÷100

Датчик скорости тарировался на токарном станке 1К62, неподвижная часть его крепилась в центрах станка, а подвижная была прикреплена к суппорту станка.

Суппорту станка задавались различные значения скорости и при каждом значении фиксировались показания тока амперметром, по результатам измерения были построены его тарировочная характеристика, представленная на рис. 4, в которой $I = tg\beta \cdot v$, где $tg\beta = k_c$ – коэффициент усиления датчика скорости.

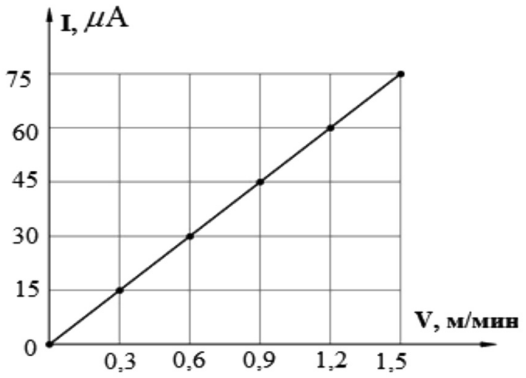
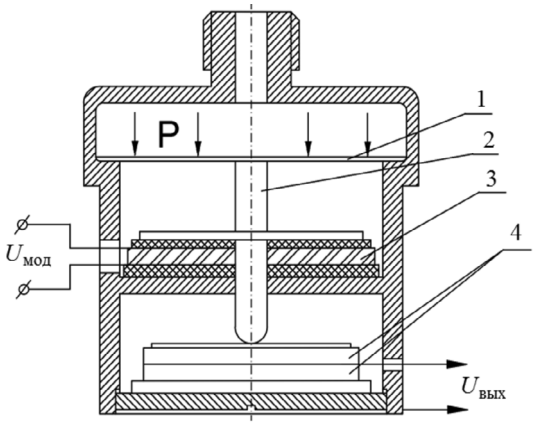


Рис. 4. Зависимость выходного тока датчика от скорости перемещения суппорта

Для системы стабилизации величины радиальной составляющей силы резания P_y, от постоянства которой зависит качество изготовления изделия на токарном станке, был разработан динамометрический резцедержатель с пьезоэлектрическим преобразователем, конструктивная схема которого показана на рис. 5, а принципиальная схема – на рис. 6.



1 – мембрана; 2 – стержень; 3 – модулирующий пьезоэлемент; 4. – измерительный пьезоэлемент.

Рис. 5. Конструктивная схема пьезоэлектрического датчика

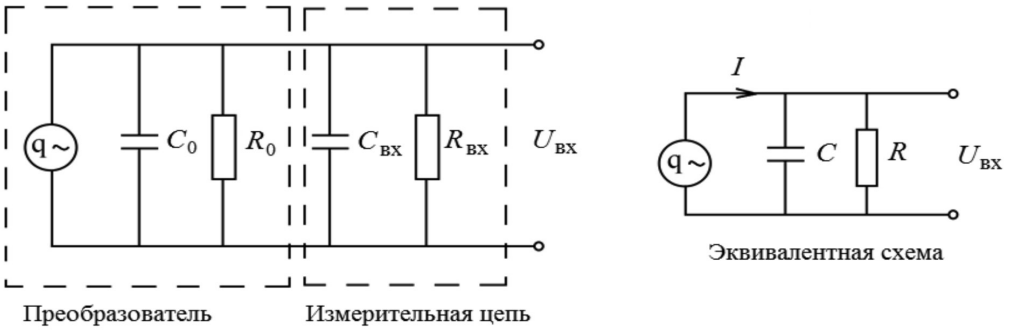


Рис. 6. Электрическая схема пьезоэлектрического преобразователя

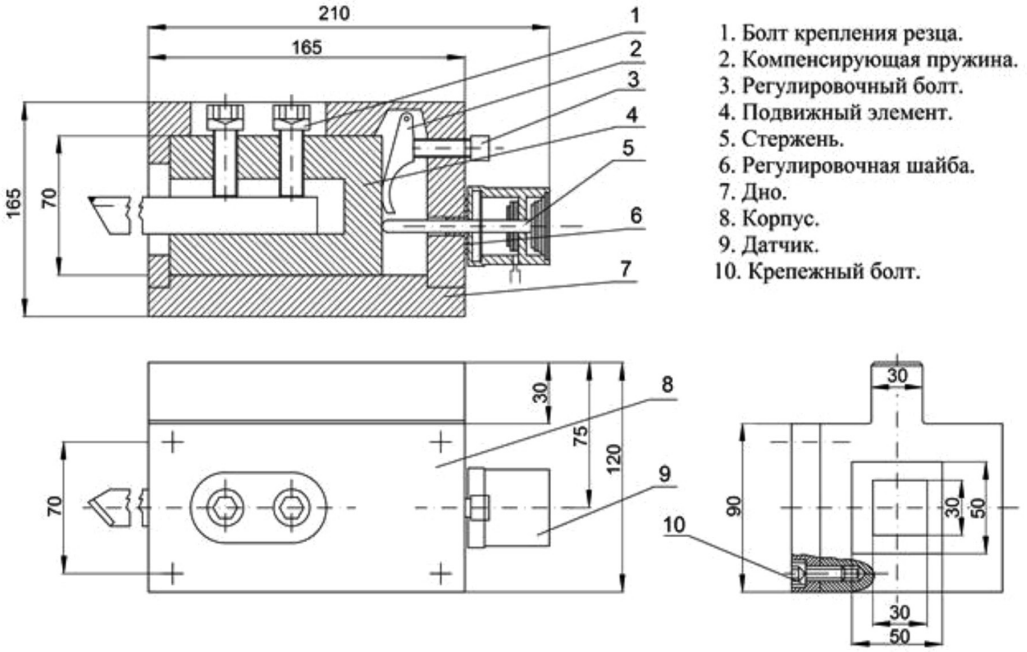


Рис. 7. Динамометрический резцедержатель с пьезоэлектрическим преобразователем

При возникновении сил на мембране 1 (рис. 5), жёстко закреплённый с ним стержень 2, воздействует на моделирующую пластину 3, которая колеблется с постоянной частотой 50 Гц, так как к ней подводится переменное напряжение из сети. С пластин 4 снимается выходной сигнал датчика.

На принципиальной схеме (рис. 6) C_0 – ёмкость между гранями пьезоэлектрика – ёмкость преобразователя; $C_{вх}$ – ёмкость кабеля – входная ёмкость измерительной цепи; R_0 – сопротивление преобразователя с учётом сопротивления изоляции линии относительно земли; $R_{вх}$ – входное сопротивление измерительной цепи; q – величина заряда, равная $q = d_1 P_{y1}$, где d_1 – постоянный коэффициент.

Сопротивление эквивалентной схемы

$$R = \frac{R_0 \cdot R_{вх}}{R_0 + R_{вх}}; \qquad (7)$$

Ёмкость – $C = C_0 + C_{вх}$.

Выходное напряжение преобразователя с подключенной измерительной цепью равно

$$U_{вых} = I \frac{R \cdot (1/\omega C)}{R + (1/\omega C)}, \qquad (8)$$

где ω – частота изменения силы P_y.

На рис. 7 представлен разработанный нами динамометрический резцедержатель с пьезоэлектрическим преобразователем для измерения радиальной составляющей силы резания. На этом же рисунке пред-

ставлены все элементы и детали динамометрического резцедержателя для измерения радиальной составляющей силы резания при токарной обработке с соответствующими основными его размерами.

Динамометрический резцедержатель своим корпусом 8 закрепляется на суппорте токарного станка. В его подвижный элемент 4 устанавливается резец и закрепляется болтами 1. Пружина 2 и регулировочный болт необходимы для предварительной настройки преобразователя.

В процессе резания подвижный стержень 5 под действием силы резания оказывает воздействие на чувствительный элемент датчика 9, что приводит к появлению соответствующего электрического сигнала на его выходе.

Тарировка датчика.

На станке 1К62 закрепляется обрабатываемая деталь, к ней подводится измерительный стержень индикатора часового типа, а динамометрический резцедержатель без резца, его заменяет упор, который плавно подводится к поверхности детали, используя ручную подачу суппорта, осуществляя деформацию её до значения 1/3 допуска на упругие деформации, после чего ключом осуществляем поворот регулировочного болта до положения, при котором жёсткость пружины 2 станет меньше жёсткости детали.

Такая тарировка производится для случая обработки детали, когда её длина значительно больше, чем её диаметр, т.е. жёсткость её ниже жёсткости станка.

В случае, когда жёсткость детали выше жёсткости станка, тарировка производится следующим образом: образцовый динамометр и динамометрический резцедержатель с индикатором вместо датчика устанавливается в тиски. Плавным поворотом ходового винта тисков производится снятие тарировочных характеристик.

Пьезоэлектрический преобразователь является генераторным, его входная величина – сила, а выходная – количество электричества.

Выводы

1. Разработаны оригинальные конструкции информационных устройств: тензометрический датчик давления, индукционный датчик скорости и динамометрический резцедержатель, предназначенные соответственно для измерения давления в гидросистемах, скорости перемещения исполнительных органов оборудования и радиальной составляющей силы резания при токарной обработке с последующим преобразованием этих параметров в электрический сигнал.

2. Разработанные информационные устройства применимы в автоматических системах управления как измерительные устройства, а также они могут быть использованы в экспериментальных исследованиях в качестве датчиков.

Список литературы

1. Николаева Е.В., Макаров В.В. Физические основы получения информации: Измерительные преобразователи. Принципы измерения физических величин: учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. 96 с.

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

3. Михеева Н.И., Глущенков С.Г. Разработка компьютерной системы для экспериментального исследования гидравлического привода // Вестник КГУСТА. 2014. Т. 2. № 2 (32). С. 157–162.

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

5. Кадыров И.Ш., Темирбеков Ж.Т., Турусбеков Б.С., Давлятов У.Р. Разработка математической модели гидросуппорта станка с автоматическим регулятором второго порядка // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 12. С. 115–119.

6. Чжо Ту. Разработка математических моделей, методов и алгоритмов цифрового управления режимами двигателей металлообрабатывающих станков: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 19 с.

УДК 519.722:621.39

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ЧЕРЕЗ МЕРУ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Карандеев Д.Ю., Дулесов А.С., Карандеева И.Ю.

ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Абакан, e-mail: den_dr_house_1991@mail.ru

В работе рассматриваются способы представления показателей надежности оборудования инженерно-технических сетей через меру неопределенности информации. Рассматривая вопросы обеспечения высокого уровня надежности сетей, имеющиеся при этом показатели надежности преобразуются в количество информации. Такое преобразование обосновано необходимостью выполнения системного анализа, составляющими которого являются аддитивный рост (связанный с операцией сложения) и мультипликативный рост (основанный на операции умножения). Рост характеризуется множеством показателей, одним из которых принято событие, переводящее элемент из одного состояния в другое – противоположное. Выявление роста свидетельствует о динамике показателей надежности и возможности применения меры неопределенности информации (информационной энтропии). Предложена математическая модель, которая позволяет на базе классических методов рассчитывать величину энтропии и использовать её для решения задач структурной оптимизации инженерно-технической сети. В данной модели целевая функция служит для поиска минимума затрат, а ограничения, накладываемые на задачу, выражены в форме неравенств, отражающих соблюдение условий по обеспечению требуемого уровня надежности сети. При построении уравнений в основу положен подход Клода Шеннона к определению меры неопределенности информации и ряд научных и концептуальных положений, разработок известных ученых применительно к задачам протекания физических процессов. Дан пример расчета, подтверждающий важность связи параметров надежности, полученных при испытании оборудования, с количеством энтропии.

Ключевые слова: структурная оптимизация, мера неопределенности информации, оптимальная структура инженерно-технической системы, структурная надежность

REPRESENTATION OF RELIABILITY INDICATORS FOR ENGINEERING NETWORK EQUIPMENT THROUGH A MEASURE OF INFORMATION UNCERTAINTY

Karandeev D.Yu., Dulesov A.S., Karandeeva I.Yu.

Katanov Khakass State University, Abakan, e-mail: den_dr_house_1991@mail.ru

In this paper, we consider ways to represent the reliability of equipment of engineering networks through a measure of information uncertainty. Considering the issues of ensuring a high level of network reliability, the available reliability indicators are converted into the amount of information. This transformation is justified by the need to perform a system analysis, the components of which are additive growth (associated with the addition operation) and multiplicative growth (based on the multiplication operation). Growth is characterized by a set of indicators, one of which is an event that transfers an element from one state to another – the opposite. Identification of growth indicates the dynamics of reliability indicators and the possibility of applying the measure of information uncertainty (information entropy). A mathematical model is proposed that allows to calculate the measure of information uncertainty based on classical methods and use it to solve structural optimization problems of an engineering network. In this model, the objective function is used to find the minimum cost, and inequalities are proposed as restrictions imposed on the task. They reflect compliance with the conditions for ensuring the required level of system reliability. The equations are based on Claude Shannon's approach to determining the measure of information uncertainty and a number of scientific and conceptual provisions developed by well-known scientists in relation to the problems of physical processes. An example of calculation is given that confirms the importance of the participation of an information uncertainty measure in the task of evaluating the reliability of an engineering network.

Keywords: structural optimization, measure of information uncertainty, optimal structure of the engineering system, structural reliability

Рассматривая вопросы соблюдения высокого уровня надежности инженерно-технических сетей, необходим анализ показателей и статистических данных, полученных в ходе проведения испытаний или эксплуатации. В процессе испытаний и эксплуатации оборудования статистические данные позволяют отслеживать статику и динамику изменения количественных характеристик надежности [1]. В большинстве случаев при испытаниях или эксплуатации оборудования (или элементов системы) важной характеристикой принято считать время наработки до момента наступления полного отказа. При этом в инженерной практике расчетов учитывают характеристики, востребованные для определения и последующего применения вероятностных показателей.

Одним из инструментов выработки решений о сохранении высокого уровня надежности [2] можно считать системный анализ, создание математических моделей и разработку методов расчета количества информации [3, 4], характеризующего состояние системы. В основу данных инструментов положены идеи Р. Хартли, А.Н. Колмогорова и классическая теория К. Шеннона [5] о получении количества информационной энтропии (меры неопределенности информации), которая выражается универсальной формулой вида $p \cdot \log p$, где p – вероятность состояния элемента системы. Данная классическая формула, по мнению многих ученых, является универсальной [6].

Цель исследования заключается в выявлении применимости совместного использования показателей надежности и информационной энтропии в решении задач обеспечения заданного уровня надежности инженерно-технических сетей.

Рассмотрим далее процесс анализа и роста событий в системе.

Анализ процесса роста событий в системе

Говоря о вероятностной природе вариации состояний инженерных сетей, необходимо отметить: применительно к возможностям системного анализа выделяют аддитивный рост (связанный с операцией сложения) и мультипликативный рост (основанный на операции умножения). Рост может характеризоваться множеством показателей, одним из которых будем считать событие, переводящее элемент из одного состояния в другое – противоположное. По сути событие – это внезапный отказ, выводящий оборудование из строя.

Рассматривая рост, связанный с прибавлением количества появляющихся событий, речь идет о потоковом процессе, вне зависимости от того, аддитивный это или мультипликативный процесс. Такой потоковый процесс определяет скорость роста количества событий N, которая прямо пропорциональна его текущему значению: $\Delta N = k \cdot N$, где k – некоторая постоянная. С позиции динамики изменения данного показателя будем иметь

$$N(t) = N(0)e^{Ct}, \qquad (1)$$

где $N(0)$ – количественная величина в начальный момент времени, C – показатель, относящийся к динамике появления событий.

Рассмотрим данный рост с целью получения вероятностной характеристики. Пусть $p(x) \cdot dx$ – это доля или вероятность событий/отказов, лежащая в промежутке между x и $x + dx$. Если её гистограмма представляет собой прямую линию в двойных логарифмических координатах, тогда $\ln p(x) = -\alpha \ln x + C$, где α и C – константы. В данном математическом представлении видна следующая закономерность: гистограмма, построенная в таких координатах, представляет собой прямую линию. Такое утверждение связано с именем Зипфа (Ципфа) [7]. Закон Ципфа является одним из базовых законов, используемых при измерении количественных характеристик информации, когда вероятность определяется через частоту появления событий и полное количество событий. Тем самым от уравнения (1) можно перейти к вероятностной характеристике:

$$p(x) = Cx^{-a}, \qquad (2)$$

где $C = e^C$.

Распределение вида (2) – степенной закон. Здесь константа α является показателем степенного закона и имеет фиксированное значение, тогда как константа C не играет существенной роли, поскольку она определяется из требования: сумма распределения $p(x)$ должна быть равна 1.

Экспонента (2) согласуется с экспонентой распределения вероятности безотказной работы элемента i системы:

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t}, \qquad (3)$$

где λ_i – интенсивность отказа элемента i, количественные характеристики надежности которого известны достоверно.

Величина $p_i(t)$ может быть определена исходя из данных, полученных в результате испытаний, эксплуатации и обработки экспертных оценок о надежности нового оборудования.

Выражение (3), отражающее справедливость экспоненциального закона надежности, построено на допущениях о том, что отказы являются событиями случайными и независимыми, отказ любого элемента приводит к отказу всей системы, а интенсивность отказов является величиной постоянной.

Если известно, что отказы элементов появляются последовательно, то вероятность безотказной работы системы при испытаниях определится по выражению

$$P(t) = \prod_i p_i(t). \qquad (4)$$

В свою очередь интенсивность отказов пропорциональна размеру системы, тогда интенсивность отказа системы можно вычислить по формуле

$$\Lambda = \sum_i \lambda_i. \qquad (5)$$

Согласно (3), вероятность безотказной работы системы:

$$P(t) = e^{-\Lambda t}. \quad (6)$$

Третьим статистическим параметром расчета является среднее время безотказной работы элемента i:

$$T_i = 1/\lambda_i, \quad (7)$$

тогда среднее время безотказной работы системы:

$$T = 1/\Lambda \text{ или } T = \frac{\prod_{i=1}^{n} T_i}{\sum_{i=1}^{n}\left(\prod_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{n} T_j\right)}, \quad (8)$$

где n – количество рассматриваемых элементов.

Рассматривая аддитивный рост, сложение показателей указывает на наличие принципа роста и, как следствие, независимости событий между элементами системы. Напротив, операция умножения, относящаяся к мультипликативному росту, подтверждает наличие событий, обусловленных возникновением внешних и внутренних факторов. Анализ мультипликативного роста в системе может быть полезен при выявлении слабых звеньев в её структуре. Однако не стоит забывать о том, что вышеизложенное об аддитивном и мультипликативном росте относится к идеальным случаям. Тем не менее вероятностный мультипликативный рост в пределе приводит к экспоненциальному частотному распределению вероятности, независимо от исходной формы распределения множества, что подтверждает справедливость применения математических выражений (3) и (6).

Модель определения состояния сети

В большинстве случаев структура распределительной сети имеет вид дерева, которое формируется следующим образом: строятся ветви (связи) от источника энергии до конечного потребителя или потребителей. Такое дерево можно представить в виде ациклического графа $G = (U, X)$, в котором U – множество вершин (вершины имитируют единственный источник и потребители), X – множество дуг (имитируют связующие элементы сети).

Имея граф сети, предстоит определить меру неопределенности информации для работоспособного и неработоспособного состояний всех элементов. При этом используется классическая модель К. Шеннона, позволяющая определять информацию I с её разграничением по качественному признаку [8] согласно следующей формуле:

$$I = -\left(\sum_{i=1}^{N_1} p_i \log p_i + \sum_{i=1}^{N_2} q_i \log q_i\right),$$

при условии

$$\sum_{i=1}^{N_1} p_i + \sum_{i=1}^{N_2} q_i = 1, \quad (9)$$

где p_i и $q_i = 1 - p_i$ – вероятности работоспособного и неработоспособного состояний элемента i (определяемые исходя из статистической обработки данных: частота отказов; время наработки на отказ; время восстановления и др.), N_1 и N_2 – количество работоспособных и неработоспособных состояний элемента.

Выражение (9) справедливо при условии, что события (например, отказы оборудования сети) имеют случайную природу, независимы друг от друга и большинство из них подчинено статистическим законам распределения.

Одна из задач, решение которой необходимо как при проектировании, так и при эксплуатации сети, касается вопросов структурной оптимизации, которая сводится к определению значения целевой функции $\min <c_i, x_i>$ линейного вида. Что касается ограничений (в виде неравенств), накладываемых на задачу, то их построение является сложной задачей. Поскольку граф имеет форму дерева, то его каждая ветвь – параллельно-последовательное соединение элементов (дуг), в котором параллельное соединение отображает резервирование [9, 10]. По сути, ветвь – отдельно рассматриваемый (от дерева) граф, состоящий из путей и сечений. Входящая в уравнение ограничения задачи энтропия ветви определяется через вероятности работоспособного и неработоспособного состояний элементов, что в последующем позволяет обратиться к расчетам количества энтропии. Её поиск целиком зависит от имеющихся в распоряжении показателей надежности.

Для построения уравнений ограничений задачи оптимизации можно воспользоваться математическими уравнениями, предложенными в [11]. На их основе и согласно теореме сложения и умножения вероятностей, составим математическое выражение энтропии ветви. Математическая модель имеет следующий вид:

$$\sum_{j=1}^{L}\sum_{i=1}^{n} c_{ji} x_j \to \min, \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^{n_1} x_{1i} q_{1i}^{x_{1i}} \cdot (-\log_2 q_{1i}) \le H^0(Q_1);$$

$$\sum_{i=1}^{n_2} x_{2i} q_{2i}^{x_{2i}} \cdot (-\log_2 q_{2i}) \le H^0(Q_2); \qquad (11)$$

$$\cdots\cdots\cdots$$

$$\sum_{i=1}^{n_L} x_{Li} q_{Li}^{x_{Li}} \cdot (-\log_2 q_{Li}) \le H^0(Q_L),$$

$$x_{ji} \ge 0.$$

В предложенной модели: L – количество рассматриваемых путей распределительной сети; n_j – количество сечений (элементов) ветви j; $H^0(Q_j)$ – граничное значение энтропии неработоспособного состояния ветви j; c_{ji} – стоимость элемента i, входящего в путь j.

Модель (10)–(11) описывает поиск оптимальной структуры сети, когда в одной задаче востребованы как показатели надежности, так и информационная энтропия, значения которой получены исходя также из параметров надежности. Существуют способы расчетов, которые позволяют выразить показатели надежности оборудования сети через величину энтропии. Далее рассмотрим один из них.

Пример расчета показателей надежности и энтропии

Пусть имеется оборудование (необходимое для участия в работе инженерно-технической сети), которое подлежит испытаниям на надежность. После проведения первичных испытаний на отказ оборудования (или элементы испытаний) можно определить частную энтропию работоспособного состояния: $\log_2 p = \log_2 0{,}92$ и неработоспособного состояния: $\log_2 q = \log_2 0{,}08$. Для проведения повторной проверки на надежность взята партия из 1000 однотипных элементов. Пусть испытания проводились в течение 10000 часов. В течение первых 6000 часов отказало 55 элементов, за последующие 4000 часов отказало 30 элементов. Требуется определить составляющие энтропии на интервалах [0; 6000] $\rightarrow \Delta_1$ и [6000; 10000] $\rightarrow \Delta_2$ часов и сопоставить их между собой для выявления степени надежности.

Решение. Предварительно вычислим вероятности на рассматриваемых интервалах времени:

– вероятность безотказной работы на интервале Δ_1: $p(\Delta_1) \approx \dfrac{N(\Delta_1)}{N_0} = \dfrac{945}{1000} = 0{,}945,$

где $N(\Delta_1) = N_0 - \sum n_i = 1000 - 55 = 945;$

– вероятность безотказной работы на интервале Δ_2: $p(\Delta_2) \approx \dfrac{N(\Delta_2)}{N_0} = \dfrac{915}{1000} = 0{,}915,$

где $N(\Delta_2) = N_0 - \sum n_i = 1000 - (55 + 30) = 915;$

– вероятность отказа на интервале Δ_1: $q(\Delta_1) = \dfrac{\sum n_i}{N_0} = \dfrac{55}{1000} = 0{,}055,$

– вероятность отказа на интервале Δ_2: $q(\Delta_2) = \dfrac{\sum n_i}{N_0} = \dfrac{55 + 30}{1000} = 0{,}085.$

Для каждого рассматриваемого интервала выполняется условие: $p(\Delta_i) + q(\Delta_i) = 1$.
Информационная энтропия на интервале Δ_1:

$$H(\Delta_1) = -N_0[p(\Delta_1)\log_2 p(\Delta_1) + q(\Delta_1)\log_2 q(\Delta_1)] =$$

$$= -1000 \cdot (0{,}945\log_2 0{,}945 + 0{,}055\log_2 0{,}055) = 77{,}12 + 230{,}14 = 307{,}26 \text{ бит.} \qquad (12)$$

Информационная энтропия на интервале Δ_2:

$$H(\Delta_2) = -N_0[p(\Delta_2)\log_2 p(\Delta_2) + q(\Delta_2)\log_2 q(\Delta_2)] =$$

$$= -1000 \cdot (0{,}915\log_2 0{,}915 + 0{,}085\log_2 0{,}085) = 117{,}26 + 302{,}3 = 419{,}56 \text{ бит.} \qquad (13)$$

Сопоставляя количественные величины энтропии, полученные согласно (12) и (13) на рассматриваемых интервалах времени, видно следующее: $H(\Delta_2) > H(\Delta_1)$ поскольку с увеличением числа отказавших элементов энтропия растет и стремится к максимуму при равенстве противоположных вероятностей:

$$H_{\max} = -1000 \cdot (0{,}5\log_2 0{,}5 + 0{,}5\log_2 0{,}5) = 500 + 500 = 1000 \text{ бит.}$$

Выполним данный расчет, используя формулу 14 для определения энтропии состояния системы на рассматриваемом интервале времени Δt: $H = -n[p(t)\log_2 p + q(t)\log_2 q]$.

Расчет $H(\Delta_1)$ по выражению (12) остается без изменений, поскольку вероятности первичных и последующих испытаний на интервале [0; 6000] совпадают.

Информационная энтропия на интервале Δ_2:

$$H(\Delta_2) = -N_0[p(\Delta_2)\log_2 p_2 + q(\Delta_2)\log_2 q_2] =$$
$$= H[p\Delta_2] + H[q\Delta_2] =$$
$$= -1000 \cdot (0{,}915\log_2 0{,}945 + 0{,}085\log_2 0{,}055) =$$
$$= 74{,}68 + 355{,}67 = 430{,}35 \text{ бит.} \quad (14)$$

Сопоставляя значения энтропии, полученные из (12) и (14), отметим следующее: рост числа отказов, с одной стороны, указывает на снижение вероятности безотказной работы, $p(\Delta_2) < p(\Delta_1)$ и уменьшение энтропии, $H[p(\Delta_2)] < H[p(\Delta_1)]$, с другой – увеличивает вероятность отказа и приводит к росту энтропии $H[q(\Delta_2)] > H[q(\Delta_1)]$. Тем самым снижение уровня надежности испытуемых элементов связано с ростом энтропии неработоспособного состояния и снижением работоспособного.

Заключение

Описанный в работе подход, со ссылкой на ранее выполненные работы, касается ряда вопросов, связанных с представлением показателей надежности оборудования инженерно-технических сетей через меру неопределенности информации. Решение таких задач как структурная оптимизация, выбор эффективных схем, предполагает наличие ряда последовательных решений: сбор и обработка статистических данных надежности оборудования; анализ динамики показателей состояния оборудования; определение величины энтропии (которая в данном случае получила название статистическая энтропия). Совместное применение показателей надежности и энтропии позволяет выявлять тенденции роста показателей состояния сети, оценивать степень состояния элементов и уровень надежности сети, строить простейшие тренды. Реализация мероприятий по обеспечению надежности сетей позволит обеспечить повышение экономической эффективности работы инженерных сетей за счет экономии финансовых средств на издержках, связанных с выявлением и преднамеренным устранением нежелательных последствий.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям по программе «УМНИК» в рамках договора № 13138ГУ/2018 от 23.05.2018.

Список литературы

1. Farag R., Haldar A. A novel reliability evaluation method for large engineering systems. Ain Shams Engineering Journal, 2016. P. 1–13.

2. Вильчинская О.О., Гатауллин И.Н., Головинов С.О. Определение количества информации в структуре технической системы // Информационные технологии: приоритетные направления развития: монография. Новосибирск: ЦРНС Изд-во «Сибпринт», 2010. 261 с.

3. Cover T.M., Joy A.T. Elements of Information Theory. New Jersey: Wiley & Sons. 2006. 542 p.

4. Конесев С.Г., Хазиева Р.Т. Методы оценки показателей надежности сложных компонентов и систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=17558 (дата обращения: 02.02.2020).

5. Shannon C.E. Mathematical Theory of Communication. Bell System Tech. J. 1948. Vol. 27. P. 379–423.

6. Melia U., Claria F., Vallverdu M., Caminal P. Measuring Instantaneous and Spectral Information Entropies by Shannon Entropy of Choi-Williams Distribution in the Context of Electroencephalography. Entropy. 2014. Vol. 16. P. 2530–2548.

7. Zipf G.K. Human Behavior and the Principle of Least Effort. Addison-Wesley, Reading, MA. 1949. P. 573.

8. Dulesov A.S., Karandeev D.Y., Dulesova N.V. Reliability analysis of distribution network of mining enterprises electrical power supply based on measure of information uncertainty. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES). 2017. Vol. 87. P. 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/87/3/032008.

9. Sankaraiah G., Raghunatha R.Y. Design and optimization of an Integrated Reliability redundancy system with multiple constraints. 2nd International Conference on Reliability, Safety and Hazard (ICRESH). Mumbai, 2010. P. 118–122. DOI: 10.1109/ICRESH.2010.5779527.

10. Mi Jinhua, Yan-Feng Li, Yuan-Jian Yang, Weiwen Peng, Hong-Zhong H. Reliability assessment of complex electromechanical systems under epistemic uncertainty. Reliability Engineering & System Safety. 2016. Vol. 152. P. 1–15.

11. Дулесов А.С., Карандеев Д.Ю., Калугин Д.А. Оптимизация сетей технического назначения при заданных условиях соблюдения уровня структурной надежности // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 2. С. 47–51.

УДК 004:66.011

НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПРОМИССНЫХ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОЛОВНОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ В СИСТЕМЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ИЗОПРЕНА

[1,2]Кривошеев В.П., [1]Смирнов А.Н., [1]Закружный В.Д.

[1]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток,
e-mail: krivosheev.vp@vvsu.ru, smirnov.an@students.dvfu.ru, zakruzhnyi.vd@mail.ru;
[2]Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,
Владивосток, e-mail: vladimir.krivosheev@vvsu.ru

Выполнено моделирование компромиссных оптимальных режимов функционирования головной ректификационной колонны в системе выделения изопрена по критериям оптимальности: отбор кубового продукта требуемого качества и энергетические затраты на процесс разделения. По результатам моделирования выбрана структура нейронной сети. Обучение и проверка адекватности нейронной сети выполнено на объёмах выборки из 441 режима, содержащего информацию по компромиссным решениям для 21 значения расхода питания в колонну и 21 значения состава питания для каждого из значений расхода питания. Для нейросетевого моделирования применена однонаправленная сеть, содержащая девять нейронов в скрытом слое и два нейрона в выходном слое. Обучение нейронной сети выполнялось методом обратного распространения ошибки. Для активации нейронов скрытого слоя использована сигмоидальная функция, а для активации нейронов выходного слоя использована линейная функция. Сеть обучена за 633 итерации по алгоритму Левенберга – Маквардта. Поиск компромиссного решения выполнялся с использованием метода вариации критерия, имеющего в исходной точке поиска наименьшую степень достижения оптимальной величины (цели), до совпадения со степенью достижения цели второго критерия, которая при этом снижалась.

Ключевые слова: ректификационная колонна, многокритериальная оптимизация, нейронная сеть, производительность, энергетические затраты

NEURAL NETWORK MODELING OF COMPROMISE OPTIMAL MODES OF FUNCTIONING OF THE HEAD RECTIFICATION COLUMN IN ISOPRENE ALLOCATION SYSTEM

[1,2]Krivosheev V.P., [1]Smirnov A.N., [1]Zakruzhnyi V.D.

[1]Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: krivosheev.vp@vvsu.ru,
smirnov.an@students.dvfu.ru, zakruzhnyi.vd@mail.ru;
[2]Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: vladimir.krivosheev@vvsu.ru

The compromise optimal modes of operation of the head distillation column in the isoprene separation system were simulated according to the optimality criteria: selection of a bottled product of the required quality and energy costs for the separation process. Based on the simulation results, the structure of the neural network was selected. The training and verification of the neural network adequacy was performed on a sample of 441 modes containing information on compromise solutions for 21 values of power consumption per column and 21 values of power composition for each of the values of power consumption. For neural network modeling, a unidirectional network was used, containing nine neurons in a hidden layer and two neurons on the output layer. Neural network training was performed using the backpropagation method. A sigmoid function was used to activate neurons of the hidden layer, and a linear function was used to activate the neurons of the output layer. The network was trained for 633 iterations using the Levenberg-Marquardt algorithm. A compromise solution was searched using the criterion variation method which has the lowest degree of achievement of the optimal value (goal) at the starting point of the search to match the degree of achievement of the second criterion goal, which was reducing.

Keywords: distillation column, multicriteria optimization, neural network, productivity, energy costs

Целью работы является создание нейронной сети для прогнозирования оптимальных компромиссных режимов функционирования головной ректификационной колонны в системе выделения изопрена при изменении расхода и состава питания.

Метод моделирования компромиссных оптимальных режимов

В основе метода лежит понятие «степень достижения цели» для рассматриваемых критериев [1]. В области допустимых управлений при заданных значениях расхода и состава питания выбирается исходная точка поиска. Вычисляются оптимальные значения критериев. Все критерии приводятся к виду, позволяющему достигать наилучшего значения в одном направлении.

$$F(U) = (f_1(U), f_2(U).....) \rightarrow \max_{U \in \Omega}, \quad (1)$$

при $g_i(U) \le b_i$,
где $g_i(U)$ – содержание ограничения;
u – вектор управляющих воздействий.

Отыскивается максимум каждого критерия и значения остальных критериев при полученных управлениях.

Определяется степень достижения цели по каждому из критериев как отношение отклонения текущего значения критерия от его минимальной величины к диапазону его изменения в виде

$$\varphi_j(U) = \frac{F_j - f_j}{\Delta_j}, j = 1,2,....., \qquad (2)$$

где F_j – текущее значение критерия оптимальности,

f_j – минимальное значение критерия оптимальности,

$$\Delta_j = F_j^{\max} - F_j^{\min} = F_j^{\max} - f_j.$$

При этом $0 \le \varphi_j(u) \le 1$, $j = 1, 2, \ldots\ldots$

Далее выполняем поиск рационального компромиссного решения, как получение максимума наихудшей степени достижения цели по какому-либо критерию при не меньших значениях степеней достижения цели остальными критериями в виде

$$\min_j \varphi_j(u) \to \max_u,$$

$$g_i(u) \le b_i, i = 1,2,\ldots,m,$$

$$\varphi_к(u) \ge \min_j \varphi_j(u), j = 1,2,\ldots,s.$$

Моделирование компромиссных оптимальных режимов ректификационной колонны в системе выделения изопрена

Нейронную сеть предполагается использовать для поиска компромиссного решения при оптимизации процесса, протекающего в простой ректификационной колонне (рис. 1), по двум критериям: отбор кубового продукта требуемого качества, подлежащий максимизации, и энергетические затраты на проведение технологического процесса, подлежащие минимизации.

Рассматриваемая ректификационная колонна является головной колонной в системе выделения изопрена из продуктов пиролиза.

В колонну, состоящую из 18 теоретических тарелок, питающая смесь подаётся на 9 тарелку при давлении 150 кПа и температуре 49 °С. Перепад давлений по высоте составляет 7 кПа. В колонне К-1 используется полный дефлегматор при давлении 100 кПа. Температура в дефлегматоре составляет – 6,5 °С. Температура в кубе колонны составляет 39 °С.

Расчёты статических режимов колонны в процессе поиска компромиссного решения выполнялись с использованием программного продукта UniSim Design Suite [2]. Материальный баланс колонны представлен в табл. 1.

Таблица 1

Материальный баланс

Массовый расход, кг/ч	Значение параметра
Питания	13200
Дистиллята	582,06
Кубового продукта	12617,94

Геометрические параметры ректификационной колонны с ситчатыми тарелками, необходимые для расчётов предельных паровых потоков, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные геометрические параметры колонны и тарелок

Параметр	Значение параметра
Диаметр колонны, м	1,36
Высота секций, м	0,3
Площадь свободного сечения, м^2	0,048
Радиус отверстий тарелки, м	0,002

Покомпонентный состав питания ректификационной колонны представлен в табл. 3.

Таблица 3

Поток фракции С5 пиролиза

Компонент	Содержание, (мольные доли)
Бутадиен-1,3	0,041
Бутен-1	0,012
Н-бутан	0,001
1,3-циклопентадиен	0,018
Изопрен	0,064
Цис-1,3-пентадиен	0,077
Циклопентен	0,258
Циклопентан	0,018
2-метилбутен-1	0,257
Пентен-1	0,224
Изопентан	0,027
Н-пентан	0,002
Углеводороды C_6	0,002

В состав лёгкой фракции сырья входят три компонента: бутадиен-1,3, бутен-1, н-бутан. Остальные компоненты составляют тяжёлую фракцию. Целевым компонентом является изопрен, выводимый из колонны с кубовым продуктом.

Качество кубового продукта колонны задавалось содержанием в нём лёгкой фракции, не превышающем 0,0001 мольных долей. Остальные параметры ректификационной колонны, характеризующие физические свойства потоков жидкости и пара, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Свойства жидкости и пара

Параметр	Значение параметра
Средняя плотность жидкости, кг/м^3	669,44
Мольная масса дистиллята, кг/кмоль	55,66
Мольная масса питания, кг/кмоль	67,29
Средняя мольная масса жидкости, кг/кмоль	62,70
Поверхностное натяжение жидкости, Н/м	0,017

Параметры работы колонны К-1 для базового режима представлены в табл. 5.

Таблица 5

Характеристики и базовый режим ректификационной колонны

Параметр	Значение параметра
Число теоретических тарелок	18
Номер питающей тарелки	9
Расход питания, кг/ч	13200
Давление питающего потока, кПа	150
Температура питающего потока, °С	49
Перепад давлений по высоте колонны, кПа	7
Температура в кубе, °С	39
Давление в дефлегматоре, кПа	100
Температура в дефлегматоре, °С	–6,5
Расход парового потока, кг/ч	7100
Флегмовое число	33
Содержание лёгкой фракции в кубовом продукте, мольные доли	0,0001

Минимальная скорость парового потока определялась по формуле, приведённой в [3]. Минимальное значение парового потока в колонне для базового режима составляет 4900 кг/ч. Выборка для создания нейронной сети получена в результате одномерного поиска компромиссного решения. В качестве варьируемого параметра при оптимизации выбран расход пара в нижней секции колонны V. Этот параметр назначен критерием оптимальности по энергетическим затратам. Второй критерий оптимальности (отбор кубового продукта колонны) определялся в процессе поиска компромиссного решения. Компромиссное решение получено в виде выборки из 441 режима для 21 значения расхода питания в колонну и 21 значения состава питания при каждом из значений расхода питания. Для изменения состава питания исходная смесь представлялась в виде двух (лёгкой и тяжёлой) фракций. При назначении новых составов по этим фракциям покомпонентный состав формировался пропорционально долям компонентов в соответствующей фазе для базового режима. Компромиссные значения критериев оптимальности от изменения расхода и состава питания представлены на рис. 1 и 2.

Из рисунков следует, что зависимость критериев оптимальности от расхода питания при компромиссном решении имеет линейный характер. От расхода питания эта зависимость кусочно-линейная с местом излома при базовом составе питания.

Нейросетевое моделирование компромиссных решений

Для нейросетевого моделирования использован пакет Neural Networks Toolbox системы MATLAB [4]. В данной задаче применена однонаправленная многослойная сеть, которая обучалась методом обратного распространения ошибки. Объём выборки определён объёмом режимов при компромиссном решении, т.е. 441 режим с 1% шагом по изменению расхода и состава питания в диапазоне ±10% от базового режима.

Нейроны данной сети используют сигмоидальную функцию активации нейронов скрытого слоя и линейной функции активации нейронов выходного слоя. Такая сеть позволяет точно решать задачи многомерной аппроксимации при условии согласованности данных и достаточном количестве нейронов в скрытом слое [4].

В качестве алгоритма обучения принят алгоритм Левенберга – Маквардта, предназначенный для оптимизации параметров нелинейных регрессионных моделей [5]. Среднеквадратичная ошибка нейросетевой модели составила 0,37, что свидетельствует о её высокой точности.

Нейронная сеть содержит 9 нейронов в скрытом слое и 2 в выходном слое. Обучающий набор был распределён следующим образом: 70% на обучение сети, 15% на оценку обобщающих свойств и 15% на тестирование. Сеть обучена за 633 итерации. На рис. 3 приведены результаты моделирования компромиссного решения для выборки из 121 режима, полученные на математической модели и на нейронной сети.

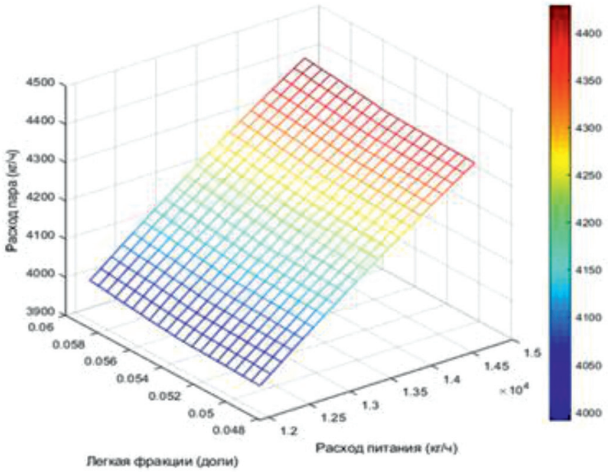


Рис. 1. Зависимость расхода пара от расхода и состава питания при компромиссном решении

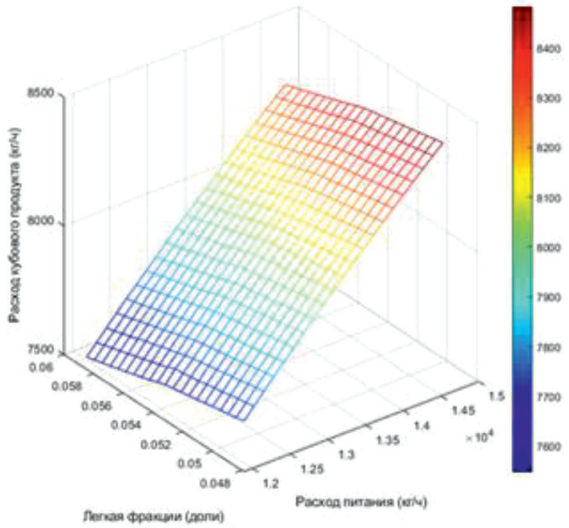


Рис. 2. Зависимость расхода кубового продукта от расхода и состава питания при компромиссном решении

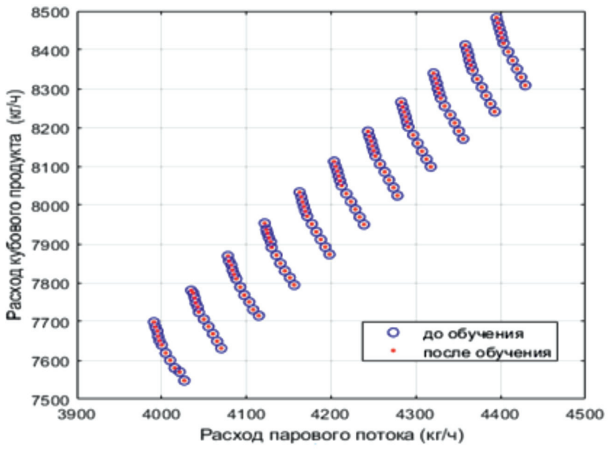


Рис. 3. Сравнение результатов моделирования по обученной нейронной сети с результатами поиска компромиссного решения на статической модели

Из рис. 3 следует практически полное совпадение результатов моделирования компромиссных решений, полученных на математической модели, с результатами нейросетевого моделирования на выбранной нейронной сети.

Выводы

В результате проведённой работы смоделированы компромиссные оптимальные статические режимы работы ректификационной колонны в системе выделения изопрена при изменении расхода и состава питания в 10% зоне отклонений от базовых значений и построены зависимости компромиссных значений расходов парового потока и кубового продукта от расхода и состава питания.

По выборке, полученной при статической двухкритериальной оптимизации при изменении расхода и состава питания, смоделирована и обучена нейронная сеть, среднеквадратичная ошибка которой составила 0,37. Данные параметры свидетельствуют о высокой точности представления разработанной нейронной сетью результатов статической оптимизации по выбору компромиссного решения для колонны К-1 в системе выделения изопрена.

Список литературы

1. Кривошеев В.П. Теория оптимального управления экономическими системами. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2010. 140 с.

2. UniSim Design Suite Free Trial of Simulation Software Now Available / Разработчик: Honeywel. [Electronic resource]. URL: https://www.honeywellprocess.com/en-US/explore/products/advanced-applications/unisim/Pages/unisim-design-suite.aspx (date of access: 11.01.2020).

3. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии, 4-е изд., перераб. и доп. М.: ИЦ РГУ нефти и газа, 2012. 725 с.

4. Ахметов Б.С., Горбаченко В.И. Нейронные сети процессов. Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2015. 152 с.

5. Marsland S. Machine Learning an Algorithmic Perspective. Boca Raton: CRC Press, 2014. 457 p.

УДК 004.896

ПОСТРОЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ

Куликова И.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург, e-mail: ivkulikova@inbox.ru

В статье рассматривается использование стохастических методов в решении задач оптимизации. Применение генетических алгоритмов позволяет успешно решать задачи с различными ограничениями для параметров целевой функции. Согласованная работа таких операторов, как оператор селекции, бинарной рекомбинации и мутации, обеспечивает нахождение экстремального значения целевой функции. В работе оператора мутации присутствует перестановка элементов внутри набора параметров, вследствие чего переставленный элемент может не принадлежать диапазону его возможных значений, что может привести к появлению недопустимого решения задачи. Предлагается заменить оператор мутации на оператор вариации, который изменяет случайно выбранный элемент набора параметров на определенную величину с учетом диапазона его возможных значений. В работе представлена блок-схема генетического алгоритма с операторами селекции, бинарной рекомбинации и вариации. Составлены математические модели формирования массивов значений параметров целевой функции. Рассмотрены средства программной среды MATLAB и системы имитационного моделирования Simulink для автоматизации процесса генерации случайных чисел для массивов значений параметров для задачи оптимизации и работы одноточечных операторов бинарной рекомбинации и вариации. Вид функций распределения случайных величин для генерации случайных чисел выбирается с учетом условия задачи оптимизации и начальных данных.

Ключевые слова: задача оптимизации, генетический алгоритм, генератор случайных чисел, оператор бинарной рекомбинации, оператор вариации

GENETIC ALGORITHM CONSTRUCTION FOR SOLVING OPTIMIZATION PROBLEMS WITH DIFFERENT PARAMETER CONSTRAINTS

Kulikova I.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, e-mail: ivkulikova@inbox.ru

The article discusses the use of stochastic methods in solving optimization problems. The use of genetic algorithms allows us to successfully solve problems with various restrictions for the parameters of the goal function. The coordinated work of operators such as the selection, binary recombination, and mutation operator ensures that the extreme value of the target function is found. In the operation of the mutation operator, there is a permutation of elements within the parameter set, so that the rearranged element may not belong to the range of its possible values, which may lead to an invalid solution of the problem. It is proposed to replace the mutation operator with the variation operator, which changes a randomly selected element of the parameter set by a certain value, taking into account the range of its possible values. This paper presents a block diagram of a genetic algorithm with selection, binary recombination, and variation operators. Mathematical models for forming arrays of parameter values of the target function are compiled. The tools of the MATLAB software environment and the Simulink simulation system for automating the process of generating random numbers for arrays of parameter values for the optimization problem and the operation of single-point binary recombination and variation operators are considered. The type of random variable distribution functions for generating random numbers is selected taking into account the optimization problem condition and initial data.

Keywords: the problem of optimization, genetic algorithm, random number generator, a binary operator the recombination, operator variations

Современные задачи оптимизации получили широкое распространение в исследовании технических, технологических и экономических систем и процессов. Они содержат большое количество параметров с различными видами ограничений и сложное описание критерия оптимальности. Эффективным вариантом поиска экстремального значения целевой функции являются не только классические методы решения с использованием дифференциального исчисления, но и стохастические методы, которые представляют собой эвристический способ поиска искомого набора значений параметров путем случайного подбора, комбинирования и изменения их значений с помощью генетических алгоритмов [1, 2].

Идея применения генетических алгоритмов состоит в том, чтобы смоделировать законы эволюции живой природы в процессе решения задач оптимизации. Описание теории генетических алгоритмов впервые было представлено в работе Джона Холланда [3]. Начало развития этого направления в Советском Союзе связано с исследованиями Л.А. Растригина [2]. Генетические алгоритмы успешно используются при решении различных оптимизационных задач по ав-

томатизации информационных систем [4] и по улучшению показателей бизнес-процессов [5], изменению транспортной инфраструктуры [6], фильтрации результатов тематического поиска документов [7].

Основной проблемой математического моделирования механизма работы генетических алгоритмов является корректное преобразование значений параметров целевой функции с учетом диапазона их возможных значений, так как их произвольное изменение может привести к возникновению недопустимых решений.

Целью представленного исследования выступает формализация комбинирования разнообразных вариантов допустимых решений задачи оптимизации для отбора наилучшего решения, обеспечивающего достижение экстремального значения целевой функции.

Результаты исследования и их обсуждение

Получаемые с помощью генетических алгоритмов допустимые решения задачи оптимизации представляются в виде одномерных массивов параметров. Каждому элементу массива соответствует свой индекс и диапазон возможных значений. Длина массива определяется количеством искомых параметров задачи оптимизации. Процесс решения задачи начинается с формирования генератором случайных чисел заданного множества одномерных числовых массивов. После этого вычисляются значения целевой функции для каждого массива и производится целенаправленный отбор лучших массивов по требуемым критериям. Нахождение наилучшего решения задачи достигается согласованной работой трех операторов: оператора селекции, оператора бинарной рекомбинации (скрещивания) и оператора мутации. Работа генетического алгоритма включает многократное прохождение однотипных действий или циклов.

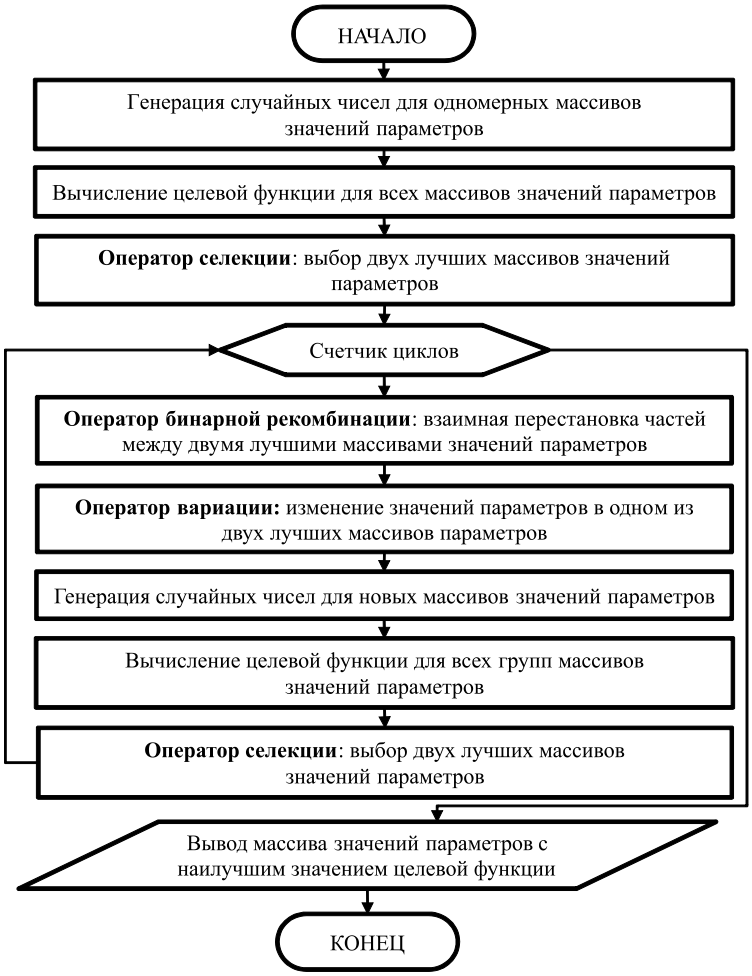
Оператор селекции на основе логического сравнения значений целевой функции [1–3] выбирает два массива параметров: наилучший и самый близкий к нему. Отобранные с помощью оператора селекции два массива подвергаются случайным изменениям операторами бинарной рекомбинации и мутации. Оператор бинарной рекомбинации позволяет получить новые массивы значений параметров путем взаимного обмена элементами из двух лучших наборов параметров. Если выбирается одна точка обмена элементов, то такой оператор называется одноточечным, если две точки, то двухточечным, а если больше двух, то многоточечным [1–3]. Оператор мутации преобразует один из двух ранее выбранных массивов. Он осуществляет перестановки его отдельных элементов с заданными индексами. Если выбирается один индекс элемента, то такой оператор мутации называется одноточечным, если два индекса, то двухточечным, а если больше двух, то многоточечным [1–3].

При случайном определении оператора мутации могут возникнуть такие перестановки элементов внутри массива, которые приведут к тому, что переставленные параметры не будут принадлежать диапазонам своих возможных значений. Это может привести к получению недопустимых решений задачи оптимизации. Одним из вариантов решения данной проблемы выступает кодирование всех искомых параметров в виде двоичного кода [4]. Недостатком этого подхода является большая длина массива параметров, что увеличивает время работы генетического алгоритма.

Интересным вариантом устранения появления недопустимых решений является замена оператора мутации оператором вариации, который изменяет значение выбранного случайным образом элемента массива на определенную величину таким образом, чтобы изменяемое значение параметра не превышало его диапазон. Расположение параметра в массиве остается прежним.

Первый цикл работы генетического алгоритма содержит только массивы параметров, полученные с помощью генераторов случайных чисел. Второй и последующие циклы содержат три группы массивов: массивы, полученные с помощью оператора бинарной рекомбинации, массивы, полученные с помощью оператора вариации и вновь сформированные массивы с помощью генераторов случайных чисел. Для массивов всех трех групп вычисляются значения целевой функции, и производится отбор оператором селекции двух лучших наборов параметров. Результатом работы генетического алгоритма выступает массив значений параметров с экстремальным значением целевой функции, полученный на последнем цикле. Блок-схема такого генетического алгоритма с оператором вариации представлена на рисунке.

Наиболее простой моделью генетических алгоритмов является генетический алгоритм с одноточечным оператором бинарной рекомбинации и одноточечным оператором вариации. В этом случае используется меньшее количество генераторов случайных чисел. Рассмотрим работу генетического алгоритма с одноточечными операторами бинарной рекомбинации и вариации.



Блок-схема генетического алгоритма с оператором вариации

Введем следующие обозначения: l – количество параметров задачи оптимизации; α_k – минимальное значение k-го параметра задачи оптимизации ($k = 1,\ldots, l$); β_k – максимальное значение k-го параметра задачи оптимизации ($k = 1,\ldots, l$); N – количество циклов генетического алгоритма; N_{pop} – количество массивов параметров в каждом цикле; W_{ij} – j-й массив значений параметров i-го цикла ($i = 1,\ldots, N_{pop}$, $j = 1,\ldots, N$); w_{ijk} – k-й параметр j-го массива в i-м цикле ($k = 1,\ldots, l$, $i = 1,\ldots, N_{pop}$, $j = 1,\ldots, N$); $L(W_{ij})$ – целевая функция задачи оптимизации; W_i^* – лучший массив параметров в i-м цикле; W_i^{**} – самый близкий к лучшему массив параметров в i-м цикле; N_{br} – количество массивов параметров, формируемых с помощью оператора бинарной рекомбинации в одном цикле; b – точка оператора бинарной рекомбинации (номер параметра в массиве); N_{var} – количество массивов наборов параметров, формируемых с помощью оператора вариации в одном цикле; v – точка оператора вариации (номер параметра в массиве); N_{new} – количество массивов параметров, формируемых с помощью генератора случайных чисел в каждом цикле кроме первого.

Пусть генетический алгоритм имеет N циклов. В первом цикле выполняются действия: 1) генерация случайных чисел для одномерных массивов; 2) вычисление целевой функции для всех массивов параметров; 3) выбор двух лучших массивов наборов на основе оператора селекции. Во втором и последующих циклах выполняются такие действия как: 1) взаимное преобразование двух лучших массивов на основе оператора одноточечной бинарной рекомбинации; 2) изменение значений элементов одного из двух выбранных массивов на основе оператора одноточечной вариации; 3) генерация случайных чисел для новых одномерных параметров; 4) вычисление целевой

функции для массивов всех групп; 5) выбор двух лучших массивов значений параметров на основе оператора селекции.

Элементы w_{ijk} одномерного массива определяются с помощью генератора случайных чисел по формуле

$$w_{ijk} = \alpha_k + F(\eta_k)(\beta_k - \alpha_k),\ k = 1,2,\ldots,\ l, \quad (1)$$

где $F(\eta_k)$ – функция распределения непрерывной случайной величины η_k. Вид функции $F(\eta_k)$ определяется условием задачи и ее начальными данными. Формируется N_{pop} массивов на первом цикле.

На каждом цикле на основе оператора селекции выбираются массивы W_i^* и W_i^{**}, которым соответствуют значения целевой функции $L(W_i^*)_{\text{ext}}$ и $L(W_i^{**})_{\delta\text{ext}}$ на i-м цикле. Оператор одноточечной бинарной рекомбинации [1] позволяет получить новые массивы W_{ij} путем взаимного обмена элементами массивов $W_{i\text{-}1}{}^*$ и $W_{i\text{-}1}{}^{**}$, разделенных на две части, на i-м цикле. Один цикл генетического алгоритма может содержать N_{br} массивов W_{ij}, полученных с помощью этого оператора. Работа оператора одноточечной бинарной рекомбинации определяется вычислением точки кроссинговера n случайным образом и преобразованием массивов $W_{i\text{-}1}{}^*$ и $W_{i\text{-}1}{}^{**}$ путем обмена элементов между ними.

Значение точки оператора одноточечной бинарной рекомбинации можно найти по формуле

$$b = F_{br}(\psi)l, \quad (2)$$

где $F_{br}(\psi)$ – функция распределения дискретной случайной величины ψ. Вид функции $F_{br}(\psi)$ определяется условием задачи и ее начальными данными.

Элементы одномерных массивов W_{ij} определяются по формуле

$$\begin{cases} W_{ij} = \left[w^*_{(i-1)1}, w^*_{(i-1)2}, \ldots, w^*_{(i-1)b}, w^{**}_{(i-1)(b+1)}, \ldots, w^{**}_{(i-1)l} \right], \\ W_{i(j+1)} = \left[w^{**}_{(i-1)1}, w^{**}_{(i-1)2}, \ldots, w^{**}_{(i-1)b}, w^*_{(i-1)(b+1)}, \ldots, w^*_{(i-1)l} \right]. \end{cases} \quad (3)$$

Если в генетическом алгоритме присутствует оператор двухточечной бинарной рекомбинации, то элементы одномерных массивов W_{ij} будут определяться по формуле

$$\begin{cases} W_{ij} = \left[w^*_{(i-1)1}, w^*_{(i-1)2}, \ldots, w^*_{(i-1)b_1}, w^{**}_{(i-1)(b_1+1)}, \ldots, w^{**}_{(i-1)b_2} w^*_{(i-1)(b_2+1)}, \ldots, w^*_{(i-1)l} \right], \\ W_{i(j+1)} = \left[w^{**}_{(i-1)1}, w^{**}_{(i-1)2}, \ldots, w^{**}_{(i-1)b_1}, w^*_{(i-1)(b_1+1)}, \ldots, w^*_{(i-1)b_2} w^{**}_{(i-1)(b_2+1)}, \ldots, w^{**}_{(i-1)l} \right], \end{cases} \quad (4)$$

где b_1, b_2 – точки оператора двухточечной бинарной рекомбинации.

Оператор одноточечной вариации создает массив W_{ij} путем изменения на заданную величину какого-либо одного элемента из массива $W_{i\text{-}1}{}^*$ или из массива $W_{i\text{-}1}{}^{**}$. Один цикл генетического алгоритма содержит N_{var} массивов W_{ij}, полученных с помощью оператора одноточечной вариации. Работа оператора одноточечной вариации определяется следующими действиями: 1) выбором одного из лучших массивов $W_{i\text{-}1}{}^*$ или $W_{i\text{-}1}{}^{**}$; 2) вычислением точки вариации v случайным образом, 3) установление значения случайной величины q, определяющей знак; 4) преобразование выбранного лучшего массива путем изменения z-ого элемента на заданную величину Δ_v.

Значение точки оператора одноточечной вариации осуществляется по формуле:

$$v = F_{var}(\xi)l, \quad (5)$$

где $F_{var}(\xi)$ – функция распределения дискретной случайной величины. Вид функции $F_{var}(\xi)$ определяется условием задачи и ее начальными данными.

Величина q, определяющая знак, принимает значения 0 или 1. Ее можно вычислить, используя генератор случайных чисел с равномерным законом распределения с параметрами 0 и 1. Если сгенерированное число будет меньше 0,5, то значение q принимается равным 0. Если сгенерированное число будет больше 0,5, то значение q принимается равным 1. Если в первом действии был выбран лучший массив $W_{i\text{-}1}{}^*$, то значения его элементов можно найти следующим образом:

$$W_i = \left[w^*_{(i-1)1}, w^*_{(i-1)2}, \ldots, w^*_{(i-1)v} + (-1)^q \Delta_v, w^*_{(i-1)(v+1)}, \ldots, w^*_{(i-1)l} \right], \quad (6)$$

где q – случайная величина, определяющая знак; Δ_v – величина изменения v-го параметра нечеткого регулятора. Если в первом действии будет выбран массив $W_{i\text{-}1}{}^{**}$, то его преобразование будет аналогично формуле (6).

Если в генетическом алгоритме присутствует оператор двухточечной вариации, то элементы одномерного массива W_{ij} будут определяться по формуле

$$W_i = \left[w^*_{(i-1)1}, w^*_{(i-1)2}, \ldots, w^*_{(i-1)v_1} + (-1)^{q_1} \Delta_{v_1}, \ldots, w^*_{(i-1)v_2} + (-1)^{q_2} \Delta_{v_2} \ldots, w^*_{(i-1)l} \right]. \quad (7)$$

где v_1, v_2 – точки оператора двухточечной вариации; q_1, q_2 – случайные величины, определяющие знак.

Второй и последующие циклы генетического алгоритма содержат N_{new} массивов значений параметров W_{ij}, полученных с помощью генераторов случайных чисел. Количество таких массивов можно найти по формуле

$$N_{new} = N_{pop} - N_{br} - N_{var} - 2. \quad (8)$$

Автоматизацию работы предложенного генетического алгоритма можно осуществить в среде *MATLAB*. Данная среда обладает высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования [8]. Для организации работы генетического алгоритма используются следующие компоненты среды *MATLAB*: генераторы случайных чисел, условный оператор, оператор цикла, система имитационного моделирования *Simulink*, функции сортировки элементов массива.

Встроенный генератор случайных чисел позволяет формировать массивы W_{ij}, определять точки операторов бинарной рекомбинации и вариации, выбирать один из двух лучших массивов для случайных преобразований. Условный оператор *if* используется в работе операторов бинарной рекомбинации и вариации для осуществления выбора одного из двух лучших массивов. Оператор цикла *for* используется для организации перехода между циклами генетического алгоритма.

Система имитационного моделирования *Simulink* используется для вычисления значения целевой функции $L(W_{ij})$. Она моделирует работу сложных систем управления при решении задач оптимизации. Функция сортировки элементов массива *sort* применяется для реализации процесса селекции.

Примером задачи оптимизации с большим количеством параметров выступает синтез нечеткого регулятора для системы управления с несколькими управляемыми величинами и одним управляющим воздействием. Предложенная схема работы генетического алгоритма реализована в компьютерной программе для синтеза нечеткого регулятора [9]. Эффективность разработанной программы рассмотрена на примере задачи управления динамической стабилизацией неустойчивого равновесия перевернутого маятника [10].

Заключение

Замена оператора мутации оператором вариации в генетическом алгоритме для решения задачи оптимизации с различными ограничениями для параметров позволяет формировать новые значения параметров с учетом их диапазона. Важным преимуществом предложенного оператора вариации является возможность учитывать особенности диапазона каждого параметра целевой функции в отдельности. Если количество параметров целевой функции невелико, то можно использовать двухточечные и многоточечные операторы бинарной рекомбинации и вариации для достижения большего числа возможных сочетаний значений параметров.

Список литературы

1. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. и др. Биоинспирированные методы в оптимизации: монография. М.: Физматлит, 2009. 384 с.

2. Растригин Л.А. Адаптация сложных систем. Рига: Зинатне, 1981. 375 с.

3. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1992. 232 p.

4. Лисов О.И. Генетические алгоритмы решения переборных задач оптимизации автоматизированных информационных систем // Электронные информационные системы. 2017. № 1 (12). С. 5–19.

5. Димов Э.М., Луковкин С.В., Третьяков Р.В. Применение генетических алгоритмов для оптимизации бизнес-процессов // Инфокоммуникационные технологии. 2010. Т. 8. № 4. С. 45–50.

6. Тарасян В.С., Тен Д.О. Оптимизация транспортной инфраструктуры при помощи генетических алгоритмов // Инновационный транспорт. 2013. № 3 (9). С. 29–32.

7. Иванов В.К. Основные шаги генетического алгоритма фильтрации результатов тематического поиска документов // Инновации в науке. 2013. № 25. С. 8–15.

8. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель. М.: ДМК Пресс, 2012. 768 с.

9. Тарасян В.С., Куликова И.В. Автоматическое обучение нечетких регуляторов MISO-типа. Свидетельство о государственной регистрации № 2014614584. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 06 марта 2014 г.

10. Тарасян В.С., Куликова И.В., Мезенцев И.С. Построение системы нечеткого управления в мехатронных системах при помощи генетических алгоритмов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=16429 (дата обращения: 11.01.2020).

УДК 681.51

СИНТЕЗ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ В ГЕНЕРАЦИИ ПРОГРАММНЫХ ДВИЖЕНИЙ МНОГОТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Полянина А.С.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, e-mail: A.S.Churzina@mail.ru

Одним из этапов управления многотельными системами является управление движением ее отдельных звеньев. В описание динамической модели таких систем входят управляющие функции, обеспечивающие программное движение элементов вдоль заданных кривых различной формы. В задаче синтеза управляемого движения шагающего робота перемещение точек стоп осуществляется по траекториям, геометрия которых содержит прямолинейные участки. Существуют различные подходы в определении программного движения по траекториям такого вида. К ним относится интерполяция тригонометрическими функциями, использование дифференциальных уравнений с дробными производными. С использованием методов теории функций Ляпунова в работе получены соотношения на параметры стабилизирующего управления генератора программных траекторий. Построена система автоколебательного типа, в фазовом пространстве которой наблюдается формирование устойчивых предельных циклов с участками движения, близкими к прямолинейным. Проведено численное моделирование процессов стабилизации траекторий в пространстве каждой подсистемы при различных начальных условиях. Согласно соотношениям синтеза при достаточно широком диапазоне изменений значений параметров управления существуют области устойчивого поведения системы в окрестности режима. Полученные в работе системы автоколебательного типа можно использовать в генерации вертикального движения стоп шагающего робота.

Ключевые слова: многотельная система, инвариантность, устойчивость, предельный цикл, управление, шагающий робот

SYNTHESIS OF STABILIZING CONTROL IN THE GENERATION OF MULTI-BODY SYSTEMS PROGRAM MOTIONS

Polyanina A.S.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: A.S.Churzina@mail.ru

One of the stages of multi-body systems control is controlling the motion of its individual links. The description of the dynamic model of such systems includes control functions that provide programmed motion of elements along given curves of various forms. In the problem of synthesis of walking robot controlled motion the motion of foot points along trajectories whose geometry contains straight sections is carried out. There are various approaches to determining the program motion along trajectories of this type. These include interpolation by trigonometric functions and the use of differential equations with fractional derivatives. Using the methods of the theory of Lyapunov functions we obtain relations on the parameters of the stabilizing control of program trajectories generator. A self-oscillating system is constructed and in its phase space the formation of stable limit cycles with motion sections close to rectilinear is observed. The numerical modeling of stabilization processes of trajectories in the space of each subsystem with different initial conditions is carried out. According to the synthesis relations for a sufficiently wide range of changes in the values of the control parameters, there are areas of stable system behavior in the vicinity of the regime. The self-oscillating systems obtained in this work can be used to generate vertical motion of the walking robot feet.

Keywords: multi-body system, invariance, stability, limit cycle, control, walking robot

Появление многотельных систем (MBS) [1] сложной конструкции обуславливает разработку и модификацию методов управления их пространственным движением. Важной задачей является обеспечение асимптотической устойчивости программных траекторий управляемого объекта.

В общем виде динамика MBS модели описывается уравнениями

$$\begin{cases} \mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}\ (\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, \mathbf{t}), \\ \ddot{\mathbf{x}}^* = \mathbf{f}^*\ (\mathbf{x}^*, \dot{\mathbf{x}}^*), \\ \mathbf{g}(\mathbf{x}) = \mathbf{0}, \\ \Phi(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}, \mathbf{x}^*, \dot{\mathbf{x}}^*) = \mathbf{0}. \end{cases}$$

где $\mathbf{x} = (x_1, x_2, ..., x_n)^{\mathbf{T}}$ – вектор обобщенных координат объекта управления (МВС модель), $\mathbf{x}^* = (x_1^*, x_2^*, ..., x_к^*)^{\mathbf{T}}$ – вектор обобщенных координат генератора движения, первое уравнение системы описывает МВС модель, второе – генератор траекторий движения, третье – связи внутри МВС модели, четвертое – связи между генератором и МВС моделью.

Такие системы управления находят свое применение в решении задачи синтеза управляемого движения шагающими роботами. Их программное движение включает в себя траекторию движения точек корпуса и траекторию движения концевых точек шагающих движителей [2]. Кинематические характеристики перемещения, нахождение усилий в приводах под действием внешних нагрузок, инерционных сил определяют параметры управляющих воздействий для получения заданного движения пространственной многотельной системы.

В данной работе рассматриваются генераторы движения с решением в форме асимптотически устойчивых предельных циклов (рис. 1). Предложенный в работе подход опирается на теоремы В.И. Зубова о стабилизации систем в окрестности заданных многообразий и требует получения непрерывных гладких функций управления посредством метода функций Ляпунова.

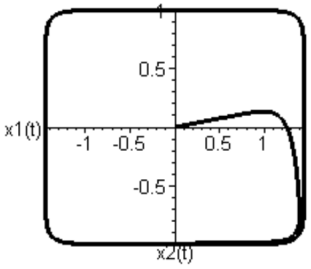


Рис. 1. Устойчивый предельный цикл

Для описания генераторов движения используются близкие к программной траектории аналитические функции, улучшающие качество управляемого движения звеньев объекта управления [3]. Особый интерес представляет исследование численного решения многотельных систем с такими генераторами при различных типах связей между МВС моделью и генератором движения [4].

Результаты проведенных исследований можно использовать при разработке антропоморфных роботов [2], при проектировании детектирующих устройств переходных процессов движения по траекториям.

Структура управления генератора предельных циклов

Рассмотрим задачу стабилизации двух нелинейно-связанных подсистем:

$$\begin{cases} \begin{cases} \dot{x}_{2i-1} = \alpha_{2i} x_{2i}^{2m-1} + \beta_{2i} x_{2i}^{2k-1} + \gamma_{2i} x_{2i}^{2l-1}, \\ \dot{x}_{2i} = (\alpha_{2i-1} + \beta_{2i-1} x_{2i-1}^{2(k-m)} + \gamma_{2i-1} x_{2i-1}^{2(l-m)}) x_{2i-1}^{2m-1} + \\ + \sum\limits_{j=1, j\neq i}^{2} (\beta^m_{2j-1,2i} x_{2j-1}^{2m} + \beta^m_{2j,2i} x_{2j}^{2m} + \beta^k_{2j-1,2i} x_{2j-1}^{2k} + \beta^k_{2j,2i} x_{2j}^{2k} + \beta^l_{2j-1,2i} x_{2j-1}^{2l} + \beta^l_{2j,2i} x_{2j}^{2l}) x_{2i} + U_i(x_{2i-1}, x_{2i}), \end{cases} \\ \lim\limits_{t\to+\infty} \sum\limits_{j=2i-1}^{2i} \left(\dfrac{x_j^{2m}(t)}{a_j^{2m}} + \dfrac{x_j^{2k}(t)}{b_j^{2k}} + \dfrac{x_j^{2l}(t)}{a_j^{2l}} \right) = i - 1 - \dfrac{(-1)^i}{\rho^2}, \end{cases} \quad (1)$$

где $m, k, l \in N$, $\beta^m_{2j-1,2i} = -\sigma_i a_{2j-1}^{-2m}$, $\beta^k_{2j-1,2i} = -\sigma_i b_{2j-1}^{-2k}$, $\beta^l_{2j-1,2i} = -\sigma_i c_{2j-1}^{-2l}$, $\beta^m_{2j,2i} = -\sigma_i a_{2j}^{-2m}$, $\beta^k_{2j,2i} = -\sigma_i b_{2j}^{-2k}$, $\beta^l_{2j,2i} = -\sigma_i c_{2j}^{-2l}$ при $i, j = 1, 2$, $j \neq i$.

Требуется построить внутрисистемные управления $U_i(x_{2i-1}, x_{2i})$, обеспечивающие существование ω – предельных множеств в подпространстве состояний $R_i^2 = X_{2i-1} \times X_{2i}$, i = 1, 2, каждой из подсистем системы управления [5].

Вывод соотношений на параметры стабилизирующего управления

Будем искать управляющие функции $U_i(x_{2i-1}, x_{2i})$ в следующем виде:

$$\mathrm{U}_i(x_{2i-1}, x_{2i}) = \sigma_i x_{2i} + \beta^m_{2i-1,2i} x_{2i-1}^{2m} x_{2i} + \beta^m_{2i,2i} x_{2i}^{2m+1} + \beta^k_{2i-1,2i} x_{2i-1}^{2k} x_{2i} + \beta^k_{2i,2i} x_{2i}^{2k+1} + \beta^l_{2i-1,2i} x_{2i-1}^{2l} x_{2i} + \beta^l_{2i,2i} x_{2i}^{2l+1},$$

где i = 1, 2.

Рассмотрим две кривые $\vartheta\left(\mathrm{S}_1^1\right) = \left\{ (x_1, x_2) \in \mathrm{R}_1^2 \left| \sum\limits_{i=1}^{2} \left(\dfrac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \dfrac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \dfrac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}} \right) = \dfrac{1}{\rho^2} \right. \right\}$,

$\vartheta(\mathrm{S}_2^1) = \left\{ (x_3, x_4) \in \mathrm{R}_2^2 \left| \sum\limits_{i=3}^{4} \left(\dfrac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \dfrac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \dfrac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}} \right) = 1 - \dfrac{1}{\rho^2} \right. \right\}$, где ϑ – гомеоморфизм $\mathrm{S}_i^1 \to \vartheta\left(\mathrm{S}_i^1\right)$, i = 1, 2.

Определим параметры внутрисистемных управлений $U_i(x_{2i-1}, x_{2i})$, используя условие инвариантности данных кривых. Введем

$$\mathrm{D}_i^2 = \left\{ \left(x_{2i-1}, x_{2i}\right) \in \mathrm{R}_i^2 \,\middle|\, 0 < \frac{x_{2i-1}^{2m}}{a_{2i-1}^{2m}} + \frac{x_{2i-1}^{2k}}{b_{2i-1}^{2k}} + \frac{x_{2i-1}^{2l}}{c_{2i-1}^{2l}} + \frac{x_{2i}^{2m}}{a_{2i}^{2m}} + \frac{x_{2i}^{2k}}{b_{2i}^{2k}} + \frac{x_{2i}^{2l}}{c_{2i}^{2l}} \le i - 1 - \frac{(-1)^i}{\rho^2} \right\}$$ – область

в R_i^2, тогда граница области в фазовом пространстве *i*-й подсистемы будет $\partial(\mathrm{D}_i^2) \equiv \vartheta(\mathrm{S}_i^1)$, где $i = 1, 2$.

Получим достаточные условия инвариантности кривых $\partial(\mathrm{D}_1^2)$ и $\partial(\mathrm{D}_2^2)$ из уравнений

$$\sum_{i=1}^{4} \mathrm{f}_i(\mathbf{X}) \frac{\partial \mathrm{F}_1(x_1, x_2)}{\partial x_i} = (M_2 x_2^{2m} + K_2 x_2^{2k} + L_2 x_2^{2l} + M_4 x_4^{2m} + K_4 x_4^{2k} + L_4 x_4^{2l}) \left(\frac{1}{\rho^2} - \sum_{i=1}^{2} \left(\frac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \frac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \frac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}} \right) \right), \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{4} \mathrm{f}_i(\mathbf{X}) \frac{\partial \mathrm{F}_2(x_3, x_4)}{\partial x_i} = (M_2 x_2^{2m} + K_2 x_2^{2k} + L_2 x_2^{2l} + M_4 x_4^{2m} + K_4 x_4^{2k} + L_4 x_4^{2l}) \left(1 - \frac{1}{\rho^2} - \sum_{i=3}^{4} \left(\frac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \frac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \frac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}} \right) \right), \quad (3)$$

где $\mathrm{F}_1(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^{2} \left(\frac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \frac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \frac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}} \right)$, $\mathrm{F}_2(x_3, x_4) = \sum_{i=3}^{4} \left(\frac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \frac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \frac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}} \right)$,

$\sum_{i=1}^{4} \mathrm{f}_i(\mathbf{X}) \frac{\partial}{\partial x_i}$ – оператор векторного поля системы (1), где

$$\mathrm{f}_1(x_2) = \alpha_2 x_2^{2m-1} + \beta_2 x_2^{2k-1} + \gamma_2 x_2^{2l-1},$$

$$\mathrm{f}_2(\mathbf{X}) = \alpha_1 x_1^{2m-1} + \beta_1 x_1^{2k-1} + \gamma_1 x_1^{2l-1} + \sigma_1 x_2 + \sum_{j=1}^{4} (\beta_{j,2}^m x_j^{2m} x_2 + \beta_{j,2}^k x_j^{2k} x_2 + \beta_{j,2}^l x_j^{2l} x_2),$$

$$\mathrm{f}_3(x_4) = \alpha_4 x_4^{2m-1} + \beta_4 x_4^{2k-1} + \gamma_4 x_4^{2l-1},$$

$$\mathrm{f}_4(\mathbf{X}) = \alpha_3 x_3^{2m-1} + \beta_3 x_3^{2k-1} + \gamma_3 x_3^{2l-1} + \sigma_2 x_4 + \sum_{j=1}^{4} (\beta_{j,4}^m x_j^{2m} x_4 + \beta_{j,4}^k x_j^{2k} x_4 + \beta_{j,4}^l x_j^{2l} x_4),$$

$\mathbf{X} = (x_1, x_2, x_3, x_4)^T$ – вектор состояния системы (1).

Расчет параметров управления, обеспечивающих инвариантность кривой $\partial(\mathrm{D}_1^2)$

Подставим функцию $\mathrm{F}_1(x_1, x_2)$ в уравнение инвариантности (2):

$$2\left(\frac{m x_1^{2m-1}}{a_1^{2m}} + \frac{k x_1^{2k-1}}{b_1^{2k}} + \frac{l x_1^{2l-1}}{c_1^{2l}} \right) \left(\alpha_2 x_2^{2m-1} + \beta_2 x_2^{2k-1} + \gamma_2 x_2^{2l-1} \right) + 2\left(\frac{m x_2^{2m-1}}{a_2^{2m}} + \frac{k x_2^{2k-1}}{b_2^{2k}} + \frac{l x_2^{2l-1}}{c_2^{2l}} \right)$$

$$\left(\alpha_1 x_1^{2m-1} + \beta_1 x_1^{2k-1} + \gamma_1 x_1^{2l-1} + x_2 \left(\sigma_1 + \sum_{j=1}^{2} (\beta_{2j-1,2}^m x_{2j-1}^{2m} + \beta_{2j,2}^m x_{2j}^{2m} + \beta_{2j-1,2}^k x_{2j-1}^{2k} + \beta_{2j,2}^k x_{2j}^{2k} + \right. \right.$$

$$\left. \left. \beta_{2j-1,2}^l x_{2j-1}^{2l} + \beta_{2j,2}^l x_{2j}^{2l}) \right) \right) = (M_2 x_2^{2m} + K_2 x_2^{2k} + L_2 x_2^{2l} + M_4 x_4^{2m} + K_4 x_4^{2k} + L_4 x_4^{2l})$$

$$\left(\frac{1}{\rho^2} - \sum_{i=1}^{2} \left(\frac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \frac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \frac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}} \right) \right).$$

Преобразуем полученные выражения, раскрыв скобки и сгруппировав слагаемые при степенях $x_2^{2(m+k)}$, $x_2^{2(m+l)}$, $x_2^{2(k+l)}$, $x_1^{2r-1}x_2^{2r-1}$, x_2^{2r}, $x_1^{2r}x_2^{2r}$, x_2^{4r}, где $r = m, k, l$:

$$\frac{d\,\mathrm{F}_1}{dt} = (M_4x_4^{2m} + K_4x_4^{2k} + L_4x_4^{2l})\left(\sum_{i=1}^{2}\left(\frac{x_i^{2m}}{a_i^{2m}} + \frac{x_i^{2k}}{b_i^{2k}} + \frac{x_i^{2l}}{c_i^{2l}}\right) - \frac{1}{\rho^2}\right) + x_1^{2m-1}x_2^{2m-1}\left(\alpha_2\frac{2m}{a_1^{2m}} + \alpha_1\frac{2m}{a_2^{2m}}\right) + x_1^{2k-1}x_2^{2k-1}\left(\beta_2\frac{2k}{b_1^{2k}} + \beta_1\frac{2k}{b_2^{2k}}\right) + x_1^{2l-1}x_2^{2l-1}\left(\gamma_2\frac{2l}{c_1^{2l}} + \gamma_1\frac{2l}{c_2^{2l}}\right) + x_1^{2m-1}x_2^{2k-1}\left(\beta_2\frac{2m}{a_1^{2m}} + \alpha_1\frac{2k}{b_2^{2k}}\right) + x_1^{2m-1}x_2^{2l-1}\left(\gamma_2\frac{2m}{a_1^{2m}} + \alpha_1\frac{2l}{c_2^{2l}}\right) + x_1^{2k-1}x_2^{2m-1}\left(\alpha_2\frac{2k}{b_1^{2k}} + \beta_1\frac{2m}{a_2^{2m}}\right) + x_1^{2k-1}x_2^{2l-1}\left(\gamma_2\frac{2k}{b_1^{2k}} + \beta_1\frac{2l}{c_2^{2l}}\right) + x_1^{2l-1}x_2^{2m-1}\left(\alpha_2\frac{2l}{c_1^{2l}} + \gamma_1\frac{2m}{a_2^{2m}}\right) + x_1^{2l-1}x_2^{2k-1}\left(\beta_2\frac{2l}{c_1^{2l}} + \gamma_1\frac{2k}{b_2^{2k}}\right) + x_2^{2m}\left(\frac{2m}{a_2^{2m}}\left(\mathrm{G}_1(x_3,x_4) + \sigma_1\right) - \frac{M_2}{\rho^2}\right) + x_2^{2k}\left(\frac{2k}{b_2^{2k}}\left(\mathrm{G}_1(x_3,x_4) + \sigma_1\right) - \frac{K_2}{\rho^2}\right) + x_2^{2l}\left(\frac{2l}{c_2^{2l}}\left(\mathrm{G}_1(x_3,x_4) + \sigma_1\right) - \frac{L_2}{\rho^2}\right) + x_1^{2m}x_2^{2m}$$

$$\left(\beta_{1,2}^m\frac{2m}{a_2^{2m}} + \frac{M_2}{a_1^{2m}}\right) + x_1^{2k}x_2^{2m}\left(\beta_{1,2}^k\frac{2m}{a_2^{2m}} + \frac{M_2}{b_1^{2k}}\right) + x_1^{2l}x_2^{2m}\left(\beta_{1,2}^l\frac{2m}{a_2^{2m}} + \frac{M_2}{c_1^{2l}}\right) + x_1^{2m}x_2^{2k}\left(\beta_{1,2}^m\frac{2k}{b_2^{2k}} + \frac{K_2}{a_1^{2m}}\right) + x_1^{2k}x_2^{2k}\left(\beta_{1,2}^k\frac{2k}{b_2^{2k}} + \frac{K_2}{b_1^{2k}}\right) + x_1^{2l}x_2^{2k}\left(\beta_{1,2}^l\frac{2k}{b_2^{2k}} + \frac{K_2}{c_1^{2l}}\right) + x_1^{2m}x_2^{2l}\left(\beta_{1,2}^m\frac{2l}{c_2^{2l}} + \frac{L_2}{a_1^{2m}}\right) + x_1^{2k}x_2^{2l}\left(\beta_{1,2}^k\frac{2l}{c_2^{2l}} + \frac{L_2}{b_1^{2k}}\right) + x_1^{2l}x_2^{2l}\left(\beta_{1,2}^l\frac{2l}{c_2^{2l}} + \frac{L_2}{c_1^{2l}}\right) + x_2^{2(m+k)}\left(\beta_{2,2}^k\frac{2m}{a_2^{2m}} + \beta_{2,2}^m\frac{2k}{b_2^{2k}} + \frac{M_2}{b_2^{2k}} + \frac{K_2}{a_2^{2m}}\right) + x_2^{2(m+l)}\left(\beta_{2,2}^l\frac{2m}{a_2^{2m}} + \beta_{2,2}^m\frac{2l}{c_2^{2l}} + \frac{M_2}{c_2^{2l}} + \frac{L_2}{a_2^{2m}}\right) + x_2^{2(k+l)}\left(\beta_{2,2}^l\frac{2k}{b_2^{2k}} + \beta_{2,2}^k\frac{2l}{c_2^{2l}} + \frac{K_2}{c_2^{2l}} + \frac{L_2}{b_2^{2k}}\right) + x_2^{4m}\left(\beta_{2,2}^m\frac{2m}{a_2^{2m}} + \frac{M_2}{a_2^{2m}}\right) + x_2^{4k}\left(\beta_{2,2}^k\frac{2k}{b_2^{2k}} + \frac{K_2}{b_2^{2k}}\right) + x_2^{4l}\left(\beta_{2,2}^l\frac{2l}{c_2^{2l}} + \frac{L_2}{c_2^{2l}}\right),$$

где $\mathrm{G}_1(x_3,x_4) = \sum_{j=3}^{4}\left(\beta_{j,2}^m x_j^{2m} + \beta_{j,2}^k x_j^{2k} + \beta_{j,2}^l x_j^{2l}\right)$, $M_2 = \frac{2m\sigma_1}{a_2^{2m}}$, $M_4 = \frac{2m\sigma_2}{a_4^{2m}}$, $K_2 = \frac{2k\sigma_1}{b_2^{2k}}$, $K_4 = \frac{2k\sigma_2}{b_4^{2k}}$, $L_2 = \frac{2l\sigma_1}{c_2^{2l}}$, $L_4 = \frac{2l\sigma_2}{c_4^{2l}}$. Оператор векторного поля системы равен нулю на кривой, определяемой уравнением

$$\left(\frac{2m}{a_2^{2m}} + \frac{2k}{b_2^{2k}} + \frac{2l}{c_2^{2l}}\right)\left(\beta_{3,2}^m x_3^{2m} + \beta_{3,2}^k x_3^{2k} + \beta_{3,2}^l x_3^{2l} + \beta_{4,2}^m x_4^{2m} + \beta_{4,2}^k x_4^{2k} + \beta_{4,2}^l x_4^{2l}\right) + \sigma_1\left(\frac{2m}{a_2^{2m}} + \frac{2k}{b_2^{2k}} + \frac{2l}{c_2^{2l}}\right) - \frac{M_2 + K_2 + L_2}{\rho^2} = 0 \quad (4)$$

при условии $2a_3^{2m}Z_1\beta_{3,2}^m + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 = 0$, $2b_3^{2k}Z_1\beta_{3,2}^k + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 = 0$, $2c_3^{2l}Z_1\beta_{3,2}^l + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 = 0$, $2a_4^{2m}Z_1\beta_{4,2}^m + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 = 0$, $2b_4^{2k}Z_1\beta_{4,2}^k + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 = 0$, $2c_4^{2l}Z_1\beta_{4,2}^l + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 = 0$, $\frac{2Z_1}{(a_2^m b_2^k c_2^l)^2}\sigma_1 - \frac{P_1}{\rho^2} = 1 - \frac{1}{\rho^2}$, $P_1 = 1$. Здесь $Z_1 = m(b_2^k c_2^l)^2 + k(a_2^m c_2^l)^2 + l(a_2^m b_2^k)^2$, $P_1 = M_2 + K_2 + L_2$. Условие $P_1 = 1$ выполняется при $\sigma_1 = \frac{(a_2^m b_2^k c_2^l)^2}{2Z_1}$. Кривая (4) является $\partial(\mathrm{D}_2^2)$.

Для обеспечения инвариантности только одной линии уровня $F_1(x_1, x_2) = \frac{1}{\rho^2}$ функции F_1 полная производная системы обратится в ноль на кривой $\partial(D_1^2)$ при выполнении следующих условий

$$2a_1^{2m} Z_1 \beta_{1,2}^m + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 P_1 = 0,\ 2b_1^{2k} Z_1 \beta_{1,2}^k + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 P_1 = 0,\ 2c_1^{2l} Z_1 \beta_{1,2}^l + (a_2^m b_2^k c_2^l)^2 P_1 = 0,$$

$$2Z_1 \beta_{2,2}^m + (b_2^k c_2^l)^2 P_1 = 0,\ 2Z_1 \beta_{2,2}^k + (a_2^m c_2^l)^2 P_1 = 0,\ 2Z_1 \beta_{2,2}^l + (a_2^m b_2^k)^2 P_1 = 0,$$

где $\alpha_1 a_1^{2m} = -\alpha_2 a_2^{2m}$, $\beta_1 b_1^{2k} = -\beta_2 b_2^{2k}$, $\gamma_1 c_1^{2l} = -\gamma_2 c_2^{2l}$.

Повторив подобный расчет, установим, что существование подсистемы с инвариантной кривой $\partial(D_1^2)$ приводит к инвариантности кривой $\partial(D_2^2)$ у второй подсистемы при выполнении определенных условий на параметры управляющих функций.

Таким образом, коэффициенты внутрисистемных управлений $U_i(x_{2i-1}, x_{2i})$ будут определяться по формулам

$$\begin{cases} \beta_{2j-1,2i}^m = -\sigma_i a_{2j-1}^{-2m}, \beta_{2j-1,2i}^k = -\sigma_i b_{2j-1}^{-2k}, \beta_{2j-1,2i}^l = -\sigma_i c_{2j-1}^{-2l}, \\ \beta_{2j,2i}^m = -\sigma_i a_{2j}^{-2m}, \beta_{2j,2i}^k = -\sigma_i b_{2j}^{-2k}, \beta_{2j,2i}^l = -\sigma_i c_{2j}^{-2l}, \end{cases}$$

где $i, j = 1, 2, j = i$.

Кривые $\partial(D_1^2)$ и $\partial(D_2^2)$ являются ω – предельными множествами в подпространствах R_1^2 и R_2^2 соответственно.

Численное моделирование

Построенная в работе модель генератора движения относится к системам автоколебательного типа. В подпространстве каждой подсистемы наблюдается процесс стабилизации траекторий в окрестности инвариантного асимптотически устойчивого многообразия [6]. Выполнено численное моделирование такой системы в условиях параметрического изменения управляющего воздействия. Качественное исследование ее решения подтвердило действенность приведенной в работе методики аналитического конструирования генераторов движения.

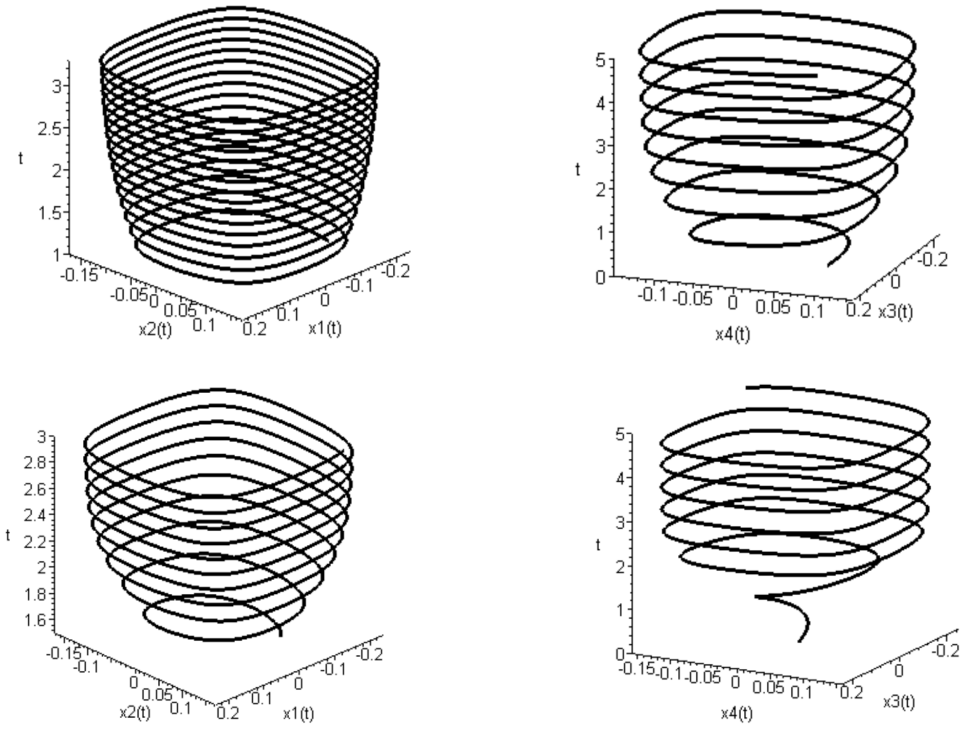


Рис. 2. Интегральные трубки в подпространствах $\mathbf{X_1} \times \mathbf{X_2} \subset \mathbf{R}^4$ *и* $\mathbf{X_3} \times \mathbf{X_4} \subset \mathbf{R}^4$

Согласно соотношениям синтеза при достаточно широком диапазоне изменения значений коэффициентов управляющих функций показано существование областей устойчивого поведения системы в окрестности режима (рис. 2).

По иллюстрациям численного моделирования можно определить время выхода интегральных кривых на режим устойчивых периодических колебаний.

В соответствующих подпространствах системы показано существование возможности одновременного выхода процессов на заданный режим.

Заключение

В работе получены стабилизирующие управления для генерации программных движений MBS модели. Предложенный подход позволяет решать задачу синтеза управляемого движения многотельных систем по предписанным траекториям. Методика интегрирования генераторов движения в динамику многотельных систем дает возможность реализовать перемещение звеньев объекта управления с помощью полученных генераторов предельных циклов.

Список литературы

1. Shabana A. Dynamics of Multibody Systems. New York, NY, Cambridge University Press, 2013. 398 p. [Electronic resource]. URL: https://b-ok.cc/book/2291768/d3d99a (date of access: 11.01.2020).

2. Горобцов А.С., Андреев А.Е., Марков А.Е., Скориков А.В., Тарасов П.С. Особенности решения уравнений метода обратной задачи для синтеза устойчивого управляемого движения шагающих роботов // Труды СПИИРАН. 2019. № 18 (1). С. 85–122.

3. Gorobtsov A., Ryzhov E., Polyanina A. The Control System Structure for the Stable Biped Robot Motion. Proc. Int. Conf. of Creativity in Intelligent Technologies and Data Science. Vol. 754. Ser. Communications in Computer and Information Science (Germany: Springer International Publishing AG), 2017. P. 231–241.

4. Горобцов А.С., Тарасов П.С., Скориков А.В., Марков А.Е., Терехов С.Е. Актуальные задачи управления в динамике связанных систем тел // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики (Уфа, 19–24 августа 2019 г.). Уфа: Издательство Башкирского государственного университета, 2019. С. 451–452.

5. Gorobtsov A., Ryzhov E., Polyanina A. About formation of the stable modes of the movement of multilink mechanical systems. Vibroengineering Procedia. Vol. 8: proc. of 22nd International Conference on Vibroengineering (Moscow, Russia, 4–7 October 2016) / Publisher JVE International Ltd. Kaunas (Lithuania), 2016. P. 522–526.

6. Немыцкий В.В., Степанов В.В. Качественная теория дифференциальных уравнений. М.: Изд-во Едиториал УРСС, 2004. 552 с.

УДК 629.058:519.23

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИИ МОБИЛЬНОГО ПСЕВДОСПУТНИКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИНТЕГРИРОВАННОГО НАВИГАЦИОННО-ВРЕМЕННОГО ПОЛЯ ГЛОНАСС

Скрыпник О.Н., Арефьев Р.О.

Иркутский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации, Иркутск, e-mail: skripnikon@yandex.ru

Исследуются характеристики точности (геометрические факторы) интегрированного навигационно-временного поля, создаваемого спутниковой системой навигации ГЛОНАСС в зоне аэродрома при ее функциональном дополнении мобильным псевдоспутником. Особенность исследования состоит в размещении мобильного псевдоспутника на борту беспилотного летательного аппарата. Для достижения наилучшей точности позиционирования в интегрированном навигационно-временном поле предлагается решить задачу оптимизации траектории полета беспилотного летательного аппарата. Задача нахождения оптимальной траектории беспилотного летательного аппарата с размещенным на нем псевдоспутником решена с использованием метода Хука – Дживса для случая захода воздушного судна на посадку по гибкой траектории. Рассмотрены особенности решения задачи оптимизации при использовании в качестве критериев оптимизации минимума геометрического фактора (пространственного, горизонтального или вертикального). Приведены полученные экспериментальным путем значения геометрических факторов для случаев применения стационарного и мобильного псевдоспутников. Оценен выигрыш в значении геометрического фактора при использовании мобильного псевдоспутника, движущегося по оптимальной траектории. Показано влияние соотношения высот полета воздушного судна, выполняющего заход на посадку, и мобильного псевдоспутника на результат решения задачи нахождения его оптимальной траектории. Оценено влияние затенений сигналов навигационных спутников на результат нахождения оптимальной траектории мобильного псевдоспутника. Даны практические рекомендации по выбору критерия оптимизации, определены условия применения мобильного псевдоспутника, размещенного на борту беспилотного летательного аппарата.

Ключевые слова: псевдоспутник, мобильный псевдоспутник, беспилотный летательный аппарат, геометрический фактор, ГЛОНАСС, оптимизация траектории полета, интегрированное навигационно-временное поле

OPTIMIZATION OF A MOBILE PSEUDOLITE TRACK FOR INCREASING ACCURACY OF THE GLONASS INTEGRATED NAVIGATION-AND-TIME FIELD

Skrypnik O.N., Arefev R.O.

Irkutsk branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation, Irkutsk, e-mail: skripnikon@yandex.ru

The authors study accuracy characteristics (dilution of precision) of an integrated navigation-and-time field created by GLONASS in the terminal area with its mobile pseudolite augmentation. The research peculiarity is in placing a mobile pseudolite onboard an unmanned aerial vehicle. To achieve the best positioning accuracy in the integrated navigation-time field, it is proposed to solve the problem of optimizing the flight path of an unmanned aerial vehicle. The problem of finding the optimal track for the mobile pseudolite was solved using Hooke-Jeeves method for an aircraft approaching along a flexible track. The authors consider peculiarities of optimization problem solution using the DOP (position, horizontal, vertical) minima as optimization criteria. The values of DOP obtained experimentally for the use of stationary and mobile pseudolite are presented. Gain from the DOP value reduction caused by the use of a mobile pseudolite moving along an optimal track was evaluated. It was shown how the ratio of the approaching aircraft and pseudolite heights influenced the result of solving the problem of finding its optimal track. The influence of shadowing the signals from navigation satellites on finding the optimal track for a mobile pseudolite was estimated. Practical recommendations on the choice of optimization criteria are given, and the conditions for using a mobile pseudolite placed on board an unmanned aerial vehicle are determined.

Keywords: pseudolite, mobile pseudolite, unmanned aerial vehicle, dilution of precision, GLONASS, optimization of flight track, integrated navigation-and-time field

В среднесрочной перспективе основным средством навигационного обеспечения всех этапов полета воздушных судов (ВС) и посадки в соответствии категориям ICAO [1] станут спутниковые системы навигации (ССН), в том числе и российская система ГЛОНАСС. Однако на современном этапе развития ССН обладают недостаточными целостностью, помехоустойчивостью, а в ряде случаев – и точностью навигационно-временного поля (НВП), что снижает эффективность их применения именно для решения задач посадки ВС.

Для поддержки перспективных навигационных прикладных процессов [2] ССН нуждаются в функциональных дополнениях бортового (ABAS), спутникового (SBAS) или наземного (GBAS) базирования. Функциональные дополнения позволяют компенсировать некоторые недостатки ССН, в частности определить дифференциальные поправки к измеренным потребителями ко-

ординатам [1]. Однако и они подвержены воздействию ряда дестабилизирующих факторов, поэтому применение SBAS/GBAS не в полной мере обеспечивает заданные показатели точности навигации по ССН. Так, например, в пределах зоны действия SBAS обеспечивается полет ВС по маршруту, в зоне аэродрома, а также заход на посадку с уровнями APV-I и APV-II. При этом операции захода на посадку APV-I и APV-II могут осуществляться только в определенных, назначенных областях, а не во всей зоне действия системы SBAS [3]. Проблемы же GBAS заключаются в ухудшении точности коррекции координат по мере удаления ВС от контрольно-корректирующей станции, а также в необходимости передачи цифровой информации (поправок) на большие расстояния. Для этого нужны каналы передачи данных с высокой пропускной способностью, что требует установки на борту ВС дополнительно аппаратуры приема дифференциальных поправок.

Одним из возможных способов повышения точности навигационных определений ССН является использование функционального дополнения в виде псевдоспутников (ПС). В традиционном представлении ПС представляют собой стационарные передающие устройства наземного базирования, или с базированием в околоземном пространстве (например, высокая мачта, воздушный шар), сигналы которых синхронизованы с сигналами ССН, а параметры сигналов и их формат близки или аналогичны параметрам и формату сигналов ССН [4, 5]. В зоне действия ПС создается интегрированное НВП с улучшенными в плане точности и надежности характеристиками по сравнению с первичным НВП ССН.

Анализ работ [6–8], посвященных проблемам использования ПС показал, что дополнение навигационных спутников (НС) ССН одним или сетью ПС, позволит улучшить геометрию в вертикальном канале, повысить информационную избыточность, что приведет к увеличению точности и надежности навигационных определений. Сформированное с использованием ПС интегрированное НВП может удовлетворить требованиям, предъявляемым к точности навигации ВС на этапе посадки.

При применении ПС возникает задача нахождения их оптимального размещения в зоне аэродрома для достижения максимальной точности интегрированного НВП ССН. В [1] показано, что ввиду изменения геометрии ССН с течением времени, оптимальное положение наземного ПС также будет изменяться. Поэтому, например, в работе [9] предлагается использовать мобильный ПС для достижения максимальной точности интегрированного НВП ГЛОНАСС на каждый момент времени.

Применение мобильного ПС наземного базирования сопряжено с рядом проблем, например, затенение их сигналов неровностями рельефа местности или объектами аэродрома, ограничения на скорость и зону перемещения и другими. Поэтому предлагается рассмотреть применение ПС, размещенного на беспилотном летательном аппарате (БПЛА), что существенно расширяет динамические свойства ПС и возможности устойчивого приема его сигналов [10], а также позволяет применить такой метод при заходах ВС на посадку по гибким траекториям. При этом необходимо решить задачу нахождения оптимальной траектории перемещения БПЛА в воздушном пространстве аэродрома.

Цель исследования: нахождение оптимальной траектории полета и оценка эффективности применения мобильного ПС, размещенного на борту БПЛА, для улучшения точности интегрированного НВП ГЛОНАСС путем уменьшения геометрического фактора (ГФ) в зоне аэродрома при заходе ВС на посадку по гибкой траектории.

Материалы и методы исследования

О точности интегрированного НВП можно судить по значениям пространственного геометрического фактора *PDOP* (Position Dilution of Precision) или его составляющим – вертикальному *VDOP* (Vertical Dilution of Precision) и горизонтальному *HDOP* (Horizontal Dilution of Precision) ГФ в точке наблюдения. При этом

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2, \qquad (1)$$

а точность определения местоположения (горизонтальных координат) и точность определения высоты полета ВС связаны со значениями соответствующих ГФ выражениями

$$\sigma_r = \sigma_R \cdot HDOP,\ \sigma_H = \sigma_R \cdot VDOP,$$

где σ_r – среднеквадратическая погрешность (СКП) определения местоположения (радиальная СКП), σ_H – СКП определения высоты, σ_R – СКП определения псевдодальности до НС.

В работе [9] решена задача определения оптимального размещения стационарного ПС, при котором среднее значение $VDOP_{ср}$ вдоль всей прямолинейной траектории снижения (глиссады) будет минимальным. Показано, что ввиду изменения положения НС относительно ВС из-за их орбитального движения, не существует единственного

оптимального положения ПС, обеспечивающего минимальный ГФ, в рассматриваемом случае – $VDOP_{ср}$.

При достаточно хороших (не более 2–2,5) значениях вертикального ГФ применение ПС, размещенного в типовой точке (не оптимально) позволяет улучшить $VDOP_{ср}$ на 22–25 %. Размещение ПС в оптимальных для рассматриваемых моментов времени точках позволит уменьшить $VDOP_{ср}$ на 7–9 % по сравнению с его размещением в типовой точке.

Предложенная в [9] методика нахождения единственного (квазиоптимального) положения стационарного ПС позволяет уменьшить $VDOP_{ср}$ на 3–4 %. Отсюда следует вывод, что для обеспечения минимального значения ГФ на всей траектории посадки ВС необходимо использовать мобильный ПС, размещенный на БПЛА. При этом БПЛА должен перемещаться по оптимальной траектории, образованной совокупностью точек, в которых достигается минимальное значение ГФ для каждого момента времени решения задачи оптимизации.

Для проведения исследований методами математического моделирования в среде графического программирования LabView были выбраны следующие исходные данные:

– координаты центра взлетно-посадочной полосы (ВПП) аэродрома посадки 71,927 с.ш., 114,08 в.д., высота над уровнем Мирового океана 30 м, UTC + 9, курс ВПП 174,22 град;

– траектория захода ВС на посадку (рис. 1): криволинейная (высота 600 м) на участке от точки IA (Initial Approach) до точки FA (Final Approach), расположенной на удалении 10 км от начала ВПП; прямолинейная углом наклона глиссады 3 град. – на участке от FA до касания ВПП; скорость ВС на всей траектории 250 км/час;

– начальное положение БПЛА (мобильного ПС) в горизонтальной плоскости совпадает с точкой IA, скорость БПЛА равна скорости ВС на посадочной траектории;

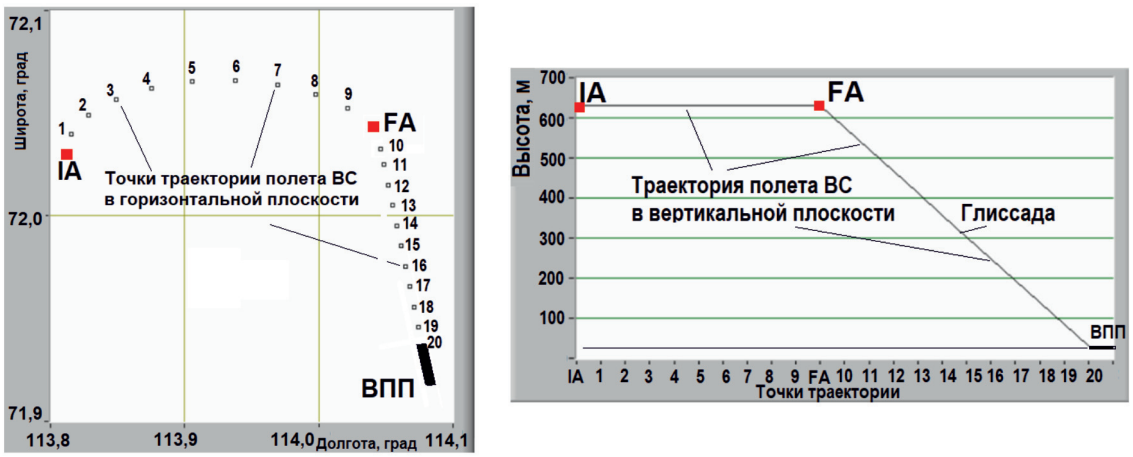
– задача оптимизации решалась методом Хука – Дживса в выбранных 22 дискретных точках траектории полета ВС, разделенных временным интервалом полета между ними 10 с.

Задача нахождения оптимальной траектории полета БПЛА решалась в горизонтальной плоскости (рассматривался его полет на фиксированной высоте) и в пространстве (с изменением высоты полета). В качестве критерия оптимизации использовался минимум ГФ (либо пространственного *PDOP*, либо горизонтального *HDOP*, либо вертикального *VDOP*) для навигационных определений на ВС:

$$\Gamma\Phi_i(\bar{X}_{\text{ПС}i} \mid \bar{X}_{\text{ВС}i}, \bar{X}_{\text{НС}1i}, ..., \bar{X}_{\text{НС}ki}) \to \min,$$

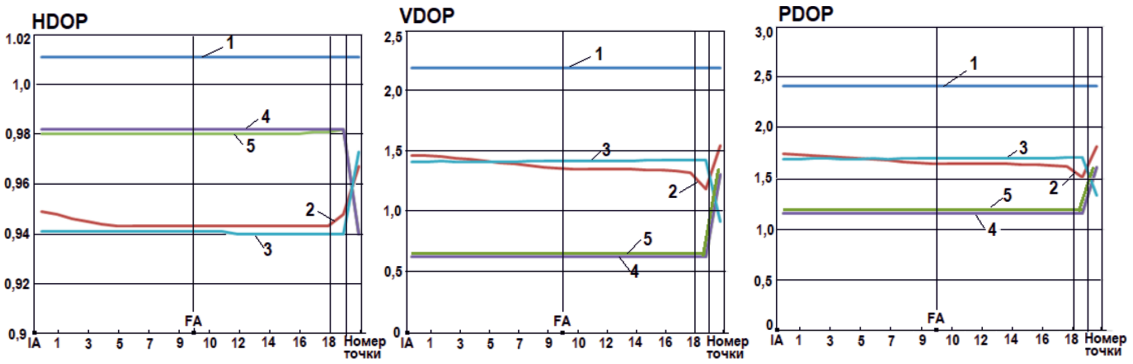
где $\bar{X}_{\text{ПС}i}$ – искомый вектор координат БПЛА в i-й точке траектории в i-й момент времени, $\bar{X}_{\text{ВС}i}$ – известные координаты ВС в i-й точке траектории в i-й момент времени, $\bar{X}_{\text{НС}i}$ – известные координаты НС, находящихся в зоне видимости, k – количество видимых НС.

При расчете ГФ координаты БПЛА, ВС и НС представлены в прямоугольной геоцентрической системе координат. Поскольку оптимальная траектория полета БПЛА строится в геодезической системе координат (широта, долгота, высота), используются координатные преобразования из геодезической в прямоугольную геоцентрическую систему координат [1].



а) *б)*

Рис. 1. Траектория полета ВС в горизонтальной (а) и вертикальной (б) плоскостях



а) *б)* *в)*

Рис. 2. Изменение значений ГФ в точках траектории захода на посадку и посадки ВС

В процессе исследований необходимо определить, как влияют на результат решения задачи оптимизации выбор используемого критерия (минимум *PDOP*, *HDOP* или *VDOP*), высоты полета БПЛА и ВС, метод решения задачи – на плоскости или в пространстве.

Результаты исследования и их обсуждение

Для достижения поставленных целей исследований методами математического моделирования были проведены вычислительные эксперименты, которые отличались вариантами применения мобильного ПС и использованием различных критериев оптимизации.

Оценка влияния критерия оптимизации на значения ГФ при полете БПЛА по оптимальной траектории

Рассмотрены следующие ситуации:

– ПС отсутствует, и навигационные определения выполняются только по НС, находящимся в зоне видимости;

– ПС размещен в типовой точке на земле (точка расположения среднего маркерного радиомаяка), удаленной на расстояние 1 км от начала ВПП и на продолжении ее оси;

– мобильный ПС размещен на БПЛА, выполняющем полет на высоте 50 м.

На рис. 2 представлены графики изменения ГФ на траектории захода на посадку и посадки ВС для *HDOP* (рис. 2, а), *VDOP* (рис. 2, б) и *PDOP* (рис. 2, в). На рисунках: 1 – отсутствие ПС и решение навигационной задачи только по наблюдаемым НС; 2 – ПС размещен в типовой точке; 3, 4, 5 – мобильный ПС, оптимизация соответственно по *HDOP*, *VDOP* и *PDOP*.

Анализ полученных результатов показывает, что применение наземного ПС, расположенного в типовой точке, позволяет улучшить *HDOP* с 1,01 до 0,94, а *VDOP* – с 2,2 до 1,5 в точке IA и до 1,2 при пролете ВС над ПС. После пролета над ПС *HDOP* и *VDOP* ухудшаются до значений *HDOP* = 0,97 и *VDOP* = 1,55.

Применение мобильного ПС при оптимизации по минимуму *HDOP* дает незначительный выигрыш в значении *HDOP* (на 0,002–0,004) и незначительное ухудшение в значении *VDOP* (на 0,3–0,5) по сравнению с применением ПС, размещенного в типовой точке. При снижении ВС ниже ПС ($H_{пс} > H_{вс}$) наблюдается ухудшение *HDOP* (на 0,04–0,05) и улучшение *VDOP* (на 0,5). Таким образом, можно заключить, что эффективность применения мобильного ПС критична к соотношению высот полета ВС и БПЛА.

Оптимизация траектории БПЛА по минимуму *VDOP* и минимуму *PDOP* дает практически совпадающие результаты. Это обусловлено тем, что в ССН величина *VDOP* всегда больше, чем *HDOP*, поэтому и ее вклад в *PDOP* (см. выражение (1)) будет определяющим.

При оптимизации траектории полета БПЛА по минимуму *VDOP* значение *HDOP* будет незначительно хуже (примерно на 0,04), в то время, как значение *VDOP* значительно улучшится (на 0,7–0,8), чем при использовании ПС, размещенного в типовой точке.

При снижении ВС, когда выполняется условие $H_{вс} < H_{пс}$, наблюдается улучшение *HDOP* (примерно на 0,04) и ухудшение *VDOP* (примерно на 0,8).

Таким образом, можно заключить, что при оптимизации траектории полета БПЛА целесообразно использовать критерий минимума *PDOP* или минимума *VDOP*, что обеспечит наилучшую точность опреде-

ления высоты полета и высокую точность определения горизонтальных координат ВС на большей части траектории захода на посадку и посадки. Для этого необходимо использовать маловысотный БПЛА, поскольку при снижении ВС ниже высоты полета БПЛА эффективность применения мобильного ПС будет снижаться.

Оценка влияния критерия оптимизации на построение оптимальной траектории полета БПЛА

Рассмотрим ситуацию, когда БПЛА выполняет полет на высоте 50 м, задача оптимизации его траектории решается в плоскости при отсутствии ограничений на область допустимых оптимальных положений БПЛА.

На рис. 3, а, рис. 3, б, представлены результаты решения задачи оптимизации при использовании в качестве критерия оптимизации соответственно минимума *HDOP* и *PDOP*. На рис. 3, в показана криволинейная часть траектории полета ВС (кривая 1) и БПЛА (кривая 2) в укрупненном масштабе.

При оптимизации по минимуму *HDOP* смещение точек траекторий БПЛА и ВС при полете на постоянной высоте до точки FA составляет около 88 км, при этом форма траектории полета БПЛА повторяет форму траектории ВС (рис. 3, а, участки траекторий с т. 1 до т. 9). При снижении ВС с точки FA, оптимальная траектория полета БПЛА приближается к траектории ВС, совпадая с ней в точке, расположенной на высоте 50 м (когда $H_{вс} = H_{пс}$).

При оптимизации по минимуму *PDOP* оптимальная траектория полета БПЛА близка к траектории ВС (смещение в горизонтальной плоскости составило 80 м на участке постоянной высоты полета ВС до точки FA). На участке снижения ВС смещение траектории полета БПЛА уменьшалось с 80 м до 7 м. При $H_{вс} < H_{пс}$ (вблизи ВПП), оптимальная точка траектории полета БПЛА сместилась на расстояние более 20 км.

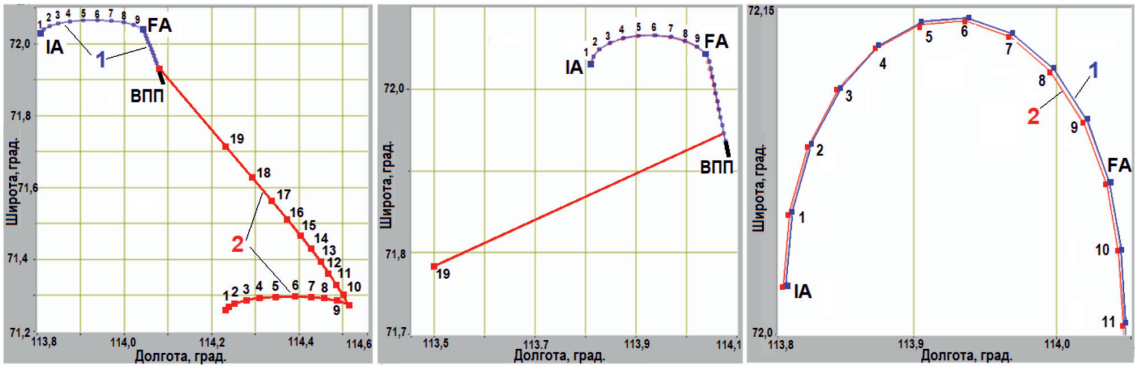
Аналогичные эксперименты, проведенные для других интервалов времени, показали, что, ввиду изменения группировки НС, находящихся в зоне видимости, смещение оптимальной траектории полета БПЛА в горизонтальной плоскости изменяется, например уменьшилось и составило 35 м на участке полета до точки FA и 3 м вблизи ВПП. При этом сохраняется описанный выше характер уменьшения величины смещения на этапе снижения ВС.

Очевидно, что реализация полета реального БПЛА с ПС на борту по оптимальной траектории на заключительном этапе, когда происходит ее резкое смещение, практически невозможна. Поэтому полет БПЛА по оптимальной траектории должен заканчиваться в точке, совпадающей по высоте с высотой полета ВС на этапе снижения.

Для определения наиболее рациональной (с точки зрения обеспечения минимального или близкого к минимальному значения *PDOP*) траектории полета БПЛА при выполнении условия $H_{вс} < H_{пс}$ (конечный участок траектории посадки), проведены исследования, результаты которых представлены на рис. 4, а, для следующих ситуаций:

– БПЛА летит по оптимальной траектории на высоте 300 м до точки FA начала снижения ВС, затем зависает в точке FA (кривая 1);

– БПЛА летит по оптимальной траектории на высоте 300 м до точки FA начала снижения ВС, затем продолжает полет по прямолинейной траектории, проходящей на высоте 300 м над посадочной траекторией ВС (кривая 2);



а) *б)* *в)*

Рис. 3. Траектории полета БПЛА и ВС в горизонтальной плоскости

– БПЛА летит по оптимальной траектории на высоте 300 м (кривая 3), задача оптимизации решается в горизонтальной плоскости;

– БПЛА летит по оптимальной траектории на высоте 300 м (кривая 4), задача оптимизации решается в пространстве, при этом высота полета БПЛА ограничена значением 50 м, снижение БПЛА может происходить с шагом 10 м на каждом цикле оптимизации.

Как следует из рис. 4, а, минимальное значение $PDOP = 1{,}2$ достигается практически вдоль всей траектории захода на посадку и посадки ВС при решении задачи оптимизации в пространстве (кривая 4). Ввиду невозможности реализовать полет БПЛА по оптимальной траектории после снижения ВС до высоты $H_{вс} = H_{пс}$ можно рекомендовать зависание БПЛА в районе точки совпадения высот траекторий БПЛА и ВС (с учетом обеспечения безопасности их взаимного положения). При этом величина *PDOP* возрастает до 1,8, но остается меньше на конечном участке траектории посадки ВС, чем при других траекториях полета БПЛА.

На рис. 4, б, показаны траектории полета БПЛА при решении задачи оптимизации по критерию минимума *PDOP* в горизонтальной плоскости (кривая 1, высота $H_{пс} = 300$ м) и в пространстве (кривая 2, БПЛА может снижаться до высоты 50 м). Как следует из полученных результатов, когда $H_{вс} < H_{пс}$, оптимальная траектория (кривая 1) смещается относительно траектории ВС, и тем сильнее, чем ниже высота полета ВС. При решении задачи оптимизации в пространстве при снижении ВС оптимальная траектория полета БПЛА (кривая 2) также снижается, при этом располагаясь под траекторией ВС. После достижения высоты 50 м (ограничение высоты полета БПЛА) оптимальная траектория существенно смещается в горизонтальной плоскости относительно траектории ВС.

Влияние затенений НС объектами местности на построение оптимальной траектории полета ПС

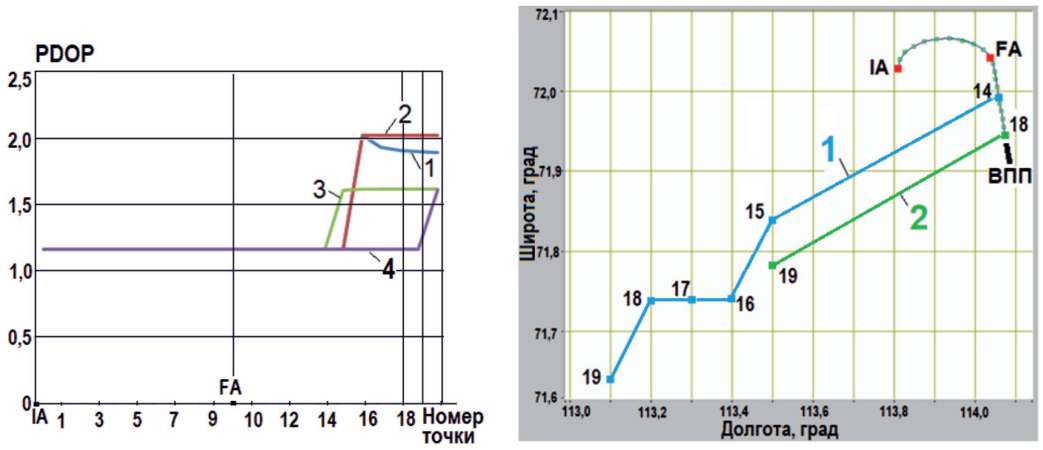
В реальных условиях прием сигналов от всех НС, находящихся в зоне видимости ВС, может стать невозможным ввиду, например, затенений сигналов от НС неровностями рельефа местности или высотными объектами. Такая ситуация весьма вероятна при расположении аэродромов в горной местности, а также в зоне мегаполисов.

Рассмотрим влияние затенений сигналов НС для следующих условий:

– оптимизация траектории БПЛА осуществляется в горизонтальной плоскости при высоте полета БПЛА 300 м и 50 м, критерий оптимизации – минимум *PDOP*;

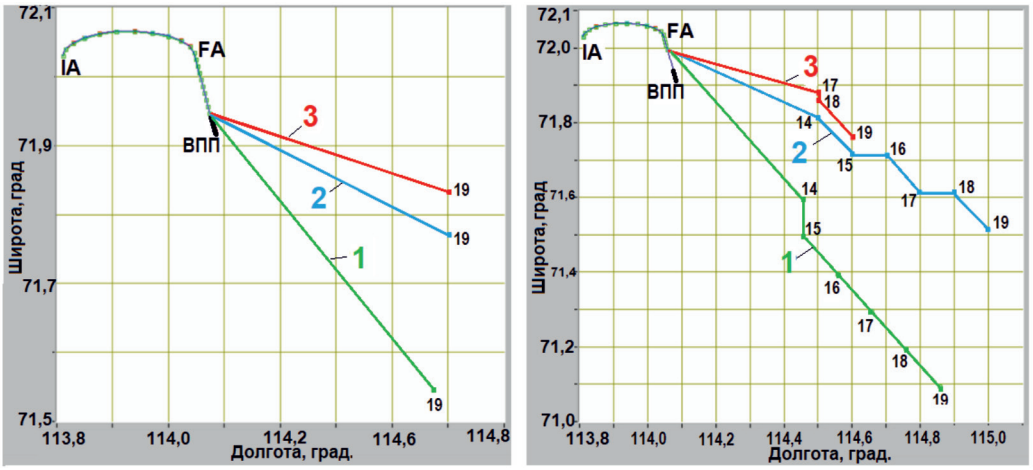
– наличие затенений будем учитывать введением угла маски 15 град и 30 град в программу моделирования орбитальной группировки ГЛОНАСС и выбора рабочего созвездия НС [11]. В штатном режиме работы приемника ССН угол маски равен 5 град.

Результаты исследований представлены на рис. 5, а ($H_{пс} = 50$ м) и рис. 5, б ($H_{пс} = 300$ м), где кривые 1, 2, 3 соответствуют углам маски 5, 15 и 30 град.



а) *б)*

Рис. 4. Изменение PDOP (а) и оптимальная траектория полета БПЛА (б)



а) *б)*

Рис. 5. Оптимальные траектории полета БПЛА при затенениях НС ГЛОНАСС

Как видно из представленных результатов, оптимальная траектория ПС зависит от высоты его полета относительно ВС и наличия затенений. При $H_{пс} < H_{вс}$ оптимальная траектория полета БПЛА проходит под траекторией полета ВС, а при $H_{пс} > H_{вс}$ смещается в горизонтальной плоскости, причем смещение увеличивается по мере увеличения разности высот. При увеличении влияния затенений (соответствует увеличению угла маски) смещение оптимальной траектории БПЛА относительно траектории ВС уменьшается.

Анализ данных по оценке значения *PDOP* показал, что в условиях эксперимента увеличение угла маски с 5 до 30 град. привело к увеличению *PDOP* с 2,2 до 2,9 при отсутствии ПС. Применение мобильного ПС, движущегося по оптимальной траектории, позволяет уменьшить *PDOP* до 1,2 (угол маски 5 град) и 1,7 (угол маски 30 град), т.е. в 1,83 и 1,7 раз соответственно. Однако на заключительном этапе посадки, когда $H_{пс} > H_{вс}$, выигрыш от применения мобильного ПС уменьшается.

Следует также отметить, что в исследуемом диапазоне высот (от 50 до 300 м) обеспечивается практически одинаковое значение *PDOP* независимо от высоты полета БПЛА с установленным на нем ПС при выполнении условия $H_{пс} < H_{вс}$.

Заключение

Проведенные исследования показали, что применение мобильного ПС, размещенного на борту БПЛА, движущегося по оптимальной траектории, позволяет повысить точность интегрированного НВП на 5–7% по сравнению с другими способами применения ПС.

При этом рекомендуется:

– в качестве инструментария для построения оптимальной траектории БПЛА использовать метод Хука – Дживса, отличающийся приемлемыми вычислительными затратами;

– в качестве критерия оптимизации использовать минимум пространственного ГФ *PDOP*;

– выполнять полет БПЛА на возможно более низких высотах;

– для обеспечения высокой точности интегрированного НВП на заключительном этапе посадки (когда $H_{вс} < H_{пс}$) использовать режим зависания БПЛА.

Следует также отметить, что применение мобильного ПС позволит существенно ослабить такой недостаток применения ПС, как эффект «дальний – ближний» [11], поскольку изменение расстояния между ПС и определяющимся ВС будет значительно меньшим, чем при использовании стационарного ПС.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ грант № 19-08-00010.

Список литературы

1. Скрыпник О.Н. Радионавигационные системы аэропортов и воздушных трасс: учебник. М.: Инфра-М, 2020. 325 с.

2. Руководство по навигации, основанной на характеристиках (PBN). Doc. 9613. AN/937. 4-е изд. Международная организация гражданской авиации. 2013. 444 с.

3. Global Navigation Satellite System (GNSS) Manual. Doc. 9849. AN/457. 2-nd edition. ICAO. 2013. P. 90.

4. Бабуров В.И., Васильева Н.В., Иванцевич Н.В., Панов З.А. Использование навигационных полей точности спутниковых радионавигационных систем и сетей. СПб.: Издательство «Агентство РДК-Прин»», 2005. 264 с.

5. Балов А.В., Геворкян А.Г. Псевдоспутники в локальных системах расширения функциональных возможностей СРНС. Аналитический обзор. СПб.: РИРВ, 2002. № 27. 26 с.

6. Бабуров В.И., Васильева Н.В., Иванцевич Н.В. Исследование точности навигационных определений летательных аппаратов по системе ГЛОНАСС и псевдоспутникам в арктическом регионе России // Региональная информатика и информационная безопасность. 2016. № 2. С. 340–344.

7. Борсоев В.А., Галеев Р.Г., Гребенников А.В., Кондратьев А.С. Использование псевдоспутников группировки ГЛОНАСС/GPS в системах посадки воздушных судов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2011. № 164. С. 17–24.

8. Нигруца И.В., Гребенников А.В., Казанцев М.Ю. Система посадки по сигналам псевдоспутников // Вестник СибГАУ им. академика М.Ф. Решетнева. 2012. № 1. С. 96–99.

9. Арефьев Р.О., Арефьева Н.Г., Скрыпник О.Н. Совершенствование аэронавигационного обеспечения этапа посадки путем оптимизации размещения псевдоспутников ГЛОНАСС // Труды МАИ. 2017. № 92. С. 28.

10. Michael Jones. Army pseudolites: What, why and how? GPS World. August 9, 2017. [Electronic resource]. URL: https://www.gpsworld.com/army-pseudolites-what-why-and-how (date of access: 11.01.2020).

11. Скрыпник О.Н., Ерохин В.В. Исследование параметров рабочего созвездия ГЛОНАСС на основе моделирования орбитальной группировки // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2012. № 180. С. 70–77.

УДК 004.31

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ УЗЛОВ И БЛОКОВ С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЧНОГО ПРОЦЕССОРА MICROSOFT EXCEL

Страбыкин Д.А.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: Strabykin@mail.ru

Технология построения действующих функциональных моделей узлов и блоков ЭВМ при проведении практических занятий на компьютерах с использованием табличного процессора Microsoft Excel первоначально ориентированная на комбинационные схемы, развивается применительно к последовательностным схемам. Для функционального моделирования последовательностных схем предлагается изменить параметры Microsoft Excel, связанные с вычислением формул, путем отключения режима автоматических вычислений и включения режима ручных вычислений, в котором для выполнения пересчета формул необходимо нажимать клавишу F9. Показано, что ячейка листа Microsoft Excel позволяет моделировать функционирование простейших последовательностных схем – триггеров. Моделирование триггеров осуществляется путем построения формул функций перехода с последующей их реализацией в виде логических функций электронной таблицы. Приводятся примеры моделей синхронных триггеров четырех типов: D, RS, DV и T. Моделирование более сложного узла с памятью рассматривается на примере 4-разрядного двоичного суммирующего счетчика, построенного на основе T триггеров с установкой в «0». Моделирование вычислительного блока с разработкой экранной формы для проведения экспериментальных исследований иллюстрируется на примере операции деления нацело 8-разрядных двоичных чисел. Вычислительный блок включает: регистры делимого и делителя, вычитатель, счетчик частного и логический элемент ИЛИ-НЕ (формирователь признака нуля в регистре делителя). Выявляется особенность моделирования последовательностных схем с помощью Microsoft Excel, заключающаяся в необходимости учитывать порядок пересчета формул в ячейках электронной таблицы после нажатия клавиши F9. Отмечается, что достоинства технологии построения действующих функциональных моделей узлов и блоков ЭВМ с использованием Microsoft Excel, ориентированной на комбинационные схемы, сохраняются при переходе к последовательностным схемам.

Ключевые слова: функциональные модели узлов и блоков, последовательностные схемы, компьютерные практикумы по изучению ЭВМ, применение Microsoft Excel

FUNCTIONAL MODELING OF SEQUENTIAL COMPUTING BLOCKS AND NODES WITH MICROSOFT EXCEL SPREADSHEET APPLICATION

Strabykin D.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Kirov, e-mail: Strabykin@mail.ru

The article describes the advancement of the technology used to design working functional models for computer nodes and blocks for practical exercises in the Microsoft Excel spreadsheet application. Initially described for combinatorial logic the technology has been adapted for sequential logic. To model sequential logic schemes formulae computation mode in Microsoft Excel is changed from automatic to manual mode, when each time a user wants to re-compute values, they manually trigger it by pressing the F9 key. The paper shows how a spreadsheet cell in Microsoft Excel can be used to model triggers as trivial sequential logic schemes. Triggers are modeled by creating formulae for transition functions and implementing them with logical functions available in the spreadsheet application. Models for 4 types of synchronous triggers D, RS, DV, and T are described. The paper uses a 4-bit binary cumulative counter built with T-triggers set to «0» as an example of a more complex scheme with memory. The division of two 8-bit integers is used to illustrate the modeling of a computational block together with the design of a screen form. The computational block includes the following components: two registers for the dividend and the divider, subtractor, quotient counter, and OR-NOT logical element (used to test the divider for 0). The paper indicates the specific of sequential logic modeling with a spreadsheet application that requires to consider the order in which cells formulae get re-evaluated after a user manually triggers the computation. All advantages of the technology for designing working functional models for computer nodes and blocks using Microsoft Excel previously described for combinatorial logic schemes persist in case of sequential logic schemes.

Keywords: functional models of nodes and blocks, sequential logic schemes, practical studies of computers, Microsoft Excel applications

Важную роль в процессе изучения вычислительной техники играет практическая подготовка. Самостоятельная разработка простейших узлов и блоков ЭВМ с последующим построением и экспериментальным исследованием их программных моделей на занятиях в компьютерном классе способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Программные модели исследуемых узлов и блоков могут создаваться с помощью различных инструментальных средств [1–3] или представлять собой готовые программы [4]. Развитие технологий использования в учебном процессе программных моделей узлов и блоков ЭВМ является актуальной задачей, так как способствует повышению эффективности обучения.

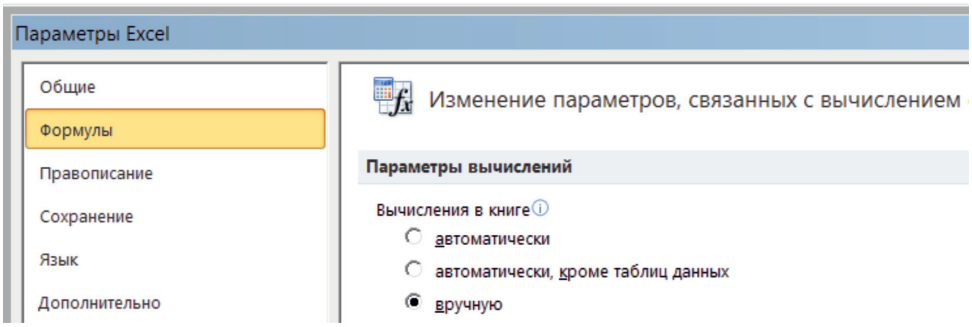


Рис. 1. Изменение параметров вычисления формул

Цель исследования: развитие технологии построения и использования действующих функциональных моделей применительно к узлам и блокам ЭВМ, содержащим память (являющимся последовательностными схемами), на основе табличного процессора Microsoft Excel при проведении практических занятий в компьютерном классе.

В технологии построения действующих функциональных моделей узлов и блоков ЭВМ при проведении практических занятий на компьютере с использованием табличного процессора Microsoft Excel, ориентированной на комбинационные схемы, выделяются следующие этапы [5]: анализ задания по разработке функциональной модели; описание работы узла (блока) с помощью формул булевых функций; разработка схемы; разработка экранной формы для экспериментального исследования; построение функциональной модели; экспериментальные исследования функциональной модели; оформление отчета по результатам работы.

Переход от моделирования комбинационных схем к последовательностным схемам вносит изменения в содержание этапов технологии построения действующих функциональных моделей узлов и блоков ЭВМ с использованием табличного процессора Microsoft Excel, обусловленные особенностью функционирования последовательностных схем. Эта особенность проявляется в зависимости выходного сигнала не только от поступивших в данный момент на входы значений логических переменных, но и от тех значений переменных, которые поступали на входы в предыдущие моменты времени. Для выполнения этого условия значения переменных должны запоминаться узлом (блоком). Функцию запоминания значений логических переменных в последовательностных узлах и блоках выполняют элементы памяти, представляющие собой триггеры, способные под воздействием входных сигналов переходить в одно из двух устойчивых состояний и сохранять это состояние при отсутствии входных сигналов.

Возможность моделирования последовательностных схем в Microsoft Excel

Электронные таблицы Microsoft Excel в обычном режиме работы хорошо подходят для моделирования комбинационных схем, так как в электронной таблице, как и в комбинационной схеме, изменения значений входных переменных автоматически приводят к изменению (пересчету) значений выходных переменных. Поскольку значения выходных переменных в электронной таблице зависят только от значений входных переменных, моделирование последовательностных схем оказывается невозможным.

Между тем моделирование последовательностных схем с помощью электронных таблиц Microsoft Excel становится возможным, если отказаться от автоматического вычисления формул при изменении значений входных переменных. Для этого необходимо изменить параметры Microsoft Excel, связанные с вычислением формул (Файл/Параметры/Формулы/Параметры вычислений/Вычисления в книге/вручную) (рис. 1).

В результате будет отключен режим автоматических вычислений и включен режим ручных вычислений, в котором для выполнения пересчета формул необходимо нажимать клавишу F9 (или выбирать команду «Пересчет»). При моделировании узлов и блоков клавиша F9 будет выполнять функции клавиши «Такт».

Моделирование триггеров с помощью табличного процессора Microsoft Excel

Ячейка листа Microsoft Excel может выступать в качестве элемента памяти, значения входных сигналов которого содержатся в других ячейках, а работа элемента памяти

описывается формулой, занесенной в соответствующую ему ячейку. Новое состояние элемента памяти, зависящее от текущего состояния и значения входных сигналов, формируется после пересчета формулы в соответствующей элементу памяти ячейке при нажатии клавиши F9.

Таким образом, ячейка листа Microsoft Excel позволяет моделировать функционирование простейших последовательностных схем – триггеров. Поскольку изменение состояния триггера происходит под действием специального сигнала, вырабатываемого при нажатии клавиши «Такт», то моделируется работа синхронных триггеров.

Пример синхронного D триггера приведен на рис. 2, где представлено условное графическое изображение (УГО), а также таблица переходов и функция переходов, описывающие функционирование триггера. При отсутствии сигнала синхронизации C (C = 0) состояние Q триггера в момент времени (t + 1) совпадает с состоянием в предыдущий момент времени (t): Q(t + 1) = Q(t). При поступлении сигнала синхронизации C (C = 1) триггер в момент времени (t + 1) переходит в состояние, определяемое информационным входом D: Q(t + 1) = D.

При моделировании триггера на листе Microsoft Excel состояние триггера Q представляется содержимым ячейки F3, а сигнал на информационный вход D поступает из ячейки A3. При этом моделирование сигнала синхронизации не связано с содержимым ячеек листа Microsoft Excel и реализуется путем нажатия на клавиатуре компьютера клавиши «Такт» (F9). Принимая во внимание особенность моделирования сигнала синхронизации, а также то, что при отсутствии этого сигнала (C = 0) состояние последовательностных схем не изменяется, для упрощения логических формул далее используются формулы, описывающие работу схем при наличии сигнала синхронизации (C = 1).

Моделирование триггеров осуществляется путем построения формул функций перехода с последующей их реализацией в виде логических функций Microsoft Excel. Для получения формул функций перехода по словесному описанию работы триггеров могут быть использованы таблицы или графы переходов. На рис. 3 приведены примеры моделей трех типов триггеров: RS, DV и T (с установкой в нулевое состояние).

Для экспериментального исследования работы триггера после ввода логических формул, описывающих его работу, необходимо задать в ячейках, соответствующих входам, значения входных сигналов и нажать клавишу «Такт» (F9). Например, T триггер при R = 0 и T = 1 при каждом нажатии на клавишу «Такт» переключается в противоположное состояние.

Моделирование счетчика с помощью табличного процессора Microsoft Excel

Моделирования узла с памятью рассмотрим на примере накапливающего счетчика. Счетчик может быть построен на основе рассмотренного выше T триггера с установкой в «0». Пример схемы 4-разрядного двоичного суммирующего счетчика, моделируемого на листе Microsoft Excel, приведен на рис. 4.

Функциональная модель счетчика описывается формулами булевых функций и соответствующими им логическими формулами Microsoft Excel, приведенными в табл. 1.

В моделируемом счетчике используются три комбинации управляющих сигналов: R = 1 – обнуление счетчика; R = 0 и T = 1 – счет; R = 0 и T = 0 – хранение текущего значения счетчика. Если тактовый сигнал, подаваемый с помощью клавиши F9, поступает при R = 1 (содержимое ячейки AB12 Microsoft Excel равно единице), то все триггеры счетчика устанавливаются в нулевое состояние. Если тактовый сигнал поступает при R = 0 и T = 1, то содержимое счетчика увеличивается на единицу.

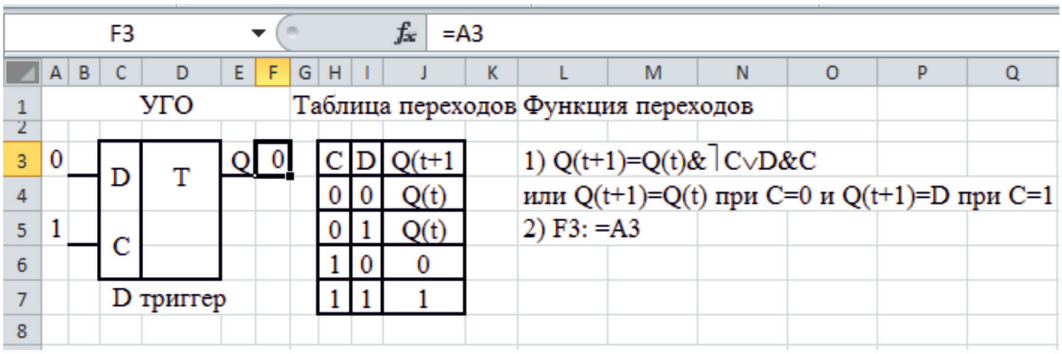
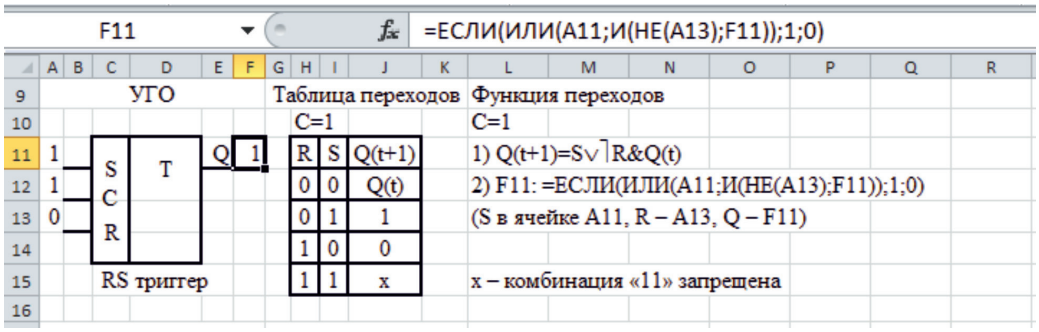
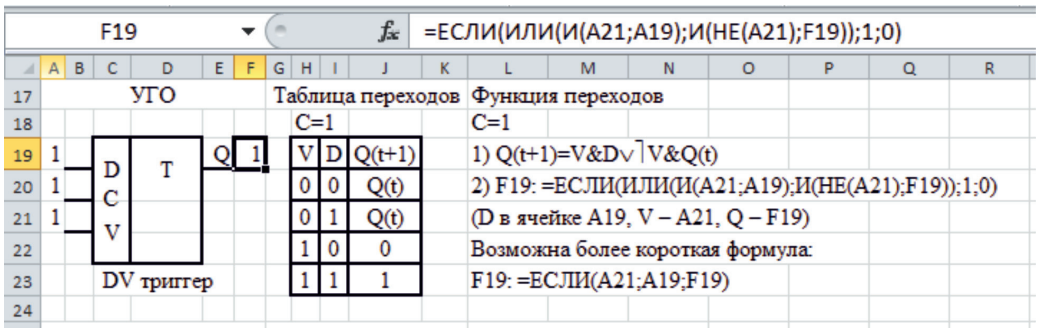


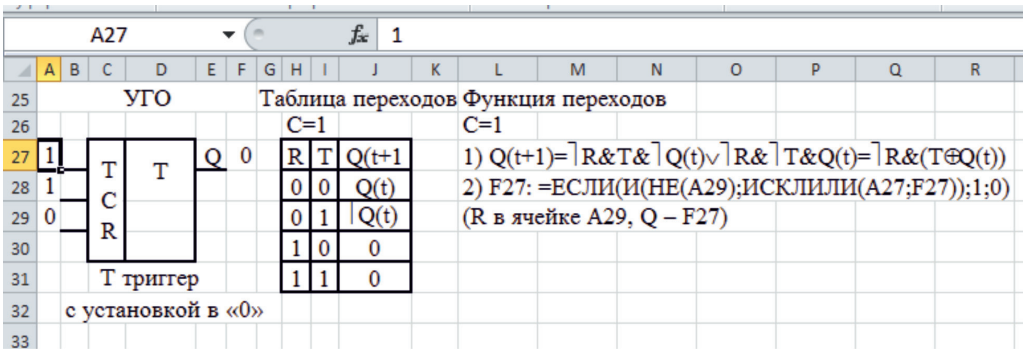
Рис. 2. Моделирование синхронного D триггера



а)



б)



в)

Рис. 3. Модели триггеров: RS (а), DV (б) и T (в)

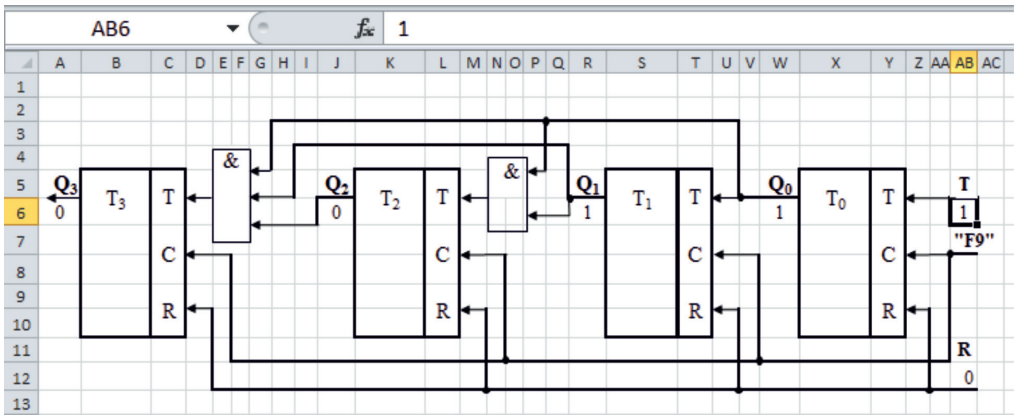


Рис. 4. Экранная форма функциональной модели 4-разрядного двоичного суммирующего счетчика

Таблица 1

Описание функционирования счетчика

Формула булевой функции	Лист Microsoft Excel	
	Адрес ячейки	Формула
$Q_0(t+1) = \neg R\&(Q_0(t)\oplus T)$	W6	= ЕСЛИ(И(НЕ(Z11);ИСКЛИЛИ(W6;Z6));1;0)
$Q_1(t+1) = \neg R\&(Q_1(t)\oplus Q_0(t))$	R6	= ЕСЛИ(И(НЕ(Z11);ИСКЛИЛИ(R6;W6));1;0)
$Q_2(t+1) = \neg R\&(Q_2(t)\oplus(Q_1(t)\&Q_0(t))$	J6	= ЕСЛИ(И(НЕ(Z11);ИСКЛИЛИ(J6;И(R6;W6)));1;0)
$Q_3(t+1) = \neg R\&(Q_3(t)\oplus(Q_2(t)\&Q_1(t)\&Q_0(t))$	A6	= ЕСЛИ(И(НЕ(Z11);ИСКЛИЛИ(A6;И(J6;R6;W6)));1;0)

Необходимо отметить особенность моделирования последовательностных схем с помощью табличного процессора Microsoft Excel, которая обусловлена порядком пересчета формул в ячейках электронной таблицы после нажатия клавиши F9. Пересчет формул в ячейках производится слева направо, сверху вниз. Это означает, что в счетчике на рис. 4 в начале будет вычислено значение старшего разряда (T_3), а затем последовательно разрядов T_2, T_1, T_0. Несмотря на такой порядок формирования новых значений разрядов, счетчик работает корректно, поскольку используется параллельное формирование переносов. При моделировании счетчика (сумматора) с последовательным переносом ячейки электронной таблицы, соответствующие младшим разрядам, должны располагаться слева от ячеек старших разрядов. В этом случае порядок пересчета формул в ячейках будет обеспечивать распространение переноса от младшего к старшему разряду.

Моделирование вычислительного блока с помощью табличного процессора Microsoft Excel

Моделирование вычислительного блока, содержащего узлы с памятью, рассмотрим на примере операции деления чисел нацело. Для деления нацело 8-разрядного двоичного числа X на 8-разрядное двоичное число Y используется следующий алгоритм. Если число Y = 0 (специальный признак z = 1), то деление не выполняется. В противном случае из делимого X вычитается делитель Y, и если знак разности s = 0 (разность положительное число), то частное Z увеличивается на единицу, а разность выступает в качестве нового уменьшаемого на следующем шаге. Процесс вычитания продолжается до тех пор, пока не будет получена отрицательная разность (s = 1). В этом случае Z будет представлять собой искомое частное от деления X на Y нацело.

Пример схемы 8-разрядного вычислительного блока для выполнения операции деления чисел нацело, моделируемого на листе Microsoft Excel, приведен на рис. 5. Вычислительный блок включает: регистр делимого RX, регистр делителя RY, сумматор (вычитатель) SM, счетчик частного RZ и логический элемент ИЛИ-НЕ (для формирования признака z равенства нулю содержимого регистра RY). В регистр RX при подаче управляющего сигнала v_1 заносится делимое: RX: = X, а при подаче сигнала v_3 – содержимое сумматора: RX: = SM. В регистр RY при подаче управляющего сигнала v_2 заносится делитель: RY: = Y. Результат вычитания из содержимого регистра RX содержимого регистра RY формируется в сумматоре при подаче управляющего сигнала v_5: SM: = RX-RY. При этом формируется признак знака разности s, который равен единице, если результат отрицательный и нулю в противном случае. Все разряды сумматора, включая разряд s, устанавливаются в нулевые состояния при подаче управляющего сигнала v_4: SM: = 0. К содержимому счетчика RZ можно добавить единицу с помощью управляющего сигнала v_7: RZ: = RZ + 1, а с помощью сигнала v_6 – установить в нулевое состояние (RZ: = 0).

В вычислительном блоке используется сумматор (вычитатель) с последовательным переносом (заемом), работа которого описывается следующими булевыми функциями:

$$r_{n-1} = (x_{n-1}\oplus y_{n-1}\oplus p_{n-1}),$$

$$g_n = \neg x_{n-1}\&y_{n-1}\vee\neg x_{n-1}\&g_{n-1}\vee y_{n-1}\&g_{n-1},$$

где x_{n-1} и y_{n-1} – разряды двоичных кодов уменьшаемого и вычитаемого соответственно; r_{n-1} – разряд разности, а g_n – разряд заема; n = 1,…,8. $g_0 = 0$. Разряд знака разности $s = g_8$.

На рис. 5 над вычитателем (SM) отображается 8-разрядное слово разности $r_0r_1r_2r_3r_4r_5r_6r_7$, над которым выводится 8-разрядное слово заемов $g_0g_1g_2g_3g_4g_5g_6g_7$. Для корректной работы вычитателя с последовательным распространением заема разряды вычитателя по отношению к разрядам регистров располагаются в противоположном порядке, который затем восстанавливается в отображении разрядов сумматора (SM).

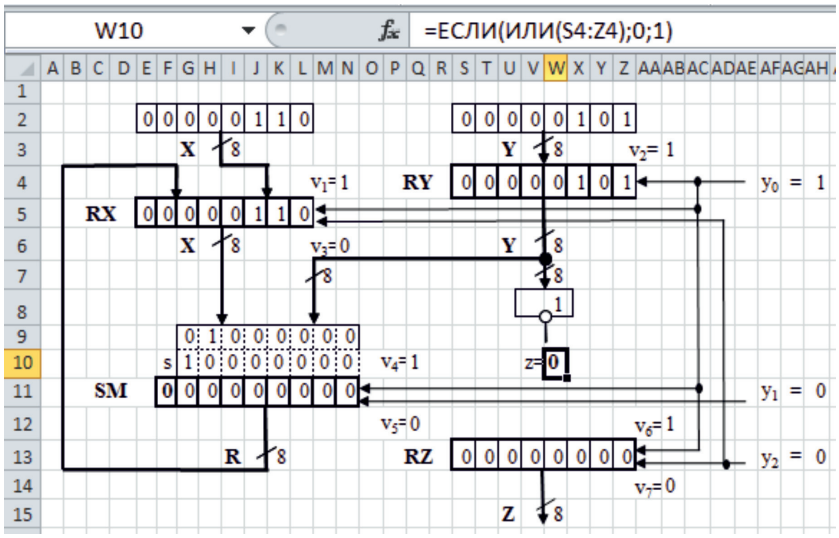


Рис. 5. Экранная форма функциональной модели 8-разрядного вычислительного блока деления чисел нацело

Таблица 2

Выполнение микропрограммы деления чисел нацело

Такт	МК	$y_1y_2y_3$	Микрооперации	z	s	RX	RY	SM	RZ
1	1	100	RX: = X; RY: = Y; SM: = 0; RZ: = 0	0	0	00001111	000001001	00000000	00000000
2	2	010	SM: = RX-RY	0	0	00001111	000001001	00000110	00000000
3	3	001	RX: = SM; RZ: = RZ + 1	0	0	00000110	000001001	00000110	00000001
4	2	010	SM: = RX-RY	0	1	00000110	000001001	11111101	00000001
5	4	000	–	0	1	00000110	000001001	11111101	00000001

Микропрограмма деления чисел нацело для схемы, приведенной на рис. 5, состоит из трех различных микрокоманд (МК) и может быть представлена в следующем виде.

НАЧАЛО

МК 1: $y_1 = 1$; $y_2 = 0$; $y_3 = 0$ (v_1: RX: = X; v_2: RY: = Y; v_4: SM: = 0; v_6: RZ: = 0);

если z = 1, то переход к **КОНЕЦ**, иначе

МК 2: $y_1 = 0; y_2 = 1; y_3 = 0$ (v_5: SM: = RX-RY);

если s = 1, то переход к **КОНЕЦ**, иначе

МК 3: $y_1 = 0$; $y_2 = 0$; $y_3 = 1$ (v_3: RX: = SM; v_7: RZ: = RZ + 1); переход к **МК 2**

КОНЕЦ

В процессе экспериментальных исследований функциональной модели вычислительного блока осуществляется проверка правильности выполнения микропрограммы для всех сочетаний значений логических условий. В табл. 2 приведен пример выполнения микропрограммы по тактам для случая, когда делимое X = 00001111, а делитель Y = 000001001.

В примере в процессе деления чисел нацело при первом вычитании делителя из делимого (такт 2, МК 2) получается положительный результат (s = 0) и частное увеличивается на единицу (МК 3). Второе вычитание делителя из полученной ранее разности (такт 4, МК 2) приводит к отрицательному результату (s = 1), и процесс деления завершается.

Заключение

Предлагаемый подход к функциональному моделированию узлов и блоков ЭВМ, представляющих собой последовательностные схемы, с помощью табличного процессора Microsoft Excel позволяет включить в учебный процесс самостоятельную разработку обучающимися простейших узлов и блоков ЭВМ с последующим построением и экспериментальным исследованием их программных моделей. В качестве достоинств такого подхода следует отметить: использование популярной инструментальной программы (Microsoft Excel); широкие возможности для формирования

различных вариантов индивидуальных заданий при построении функциональных моделей; открытость для последующего развития и адаптации в зависимости от особенностей учебного процесса и предпочтений преподавателя.

Список литературы

1. Алехин В.А. Развитие учебного комплекса по электротехнике, электронике и микроконтроллерам с моделированием в программной среде TINA // Открытое образование. 2017. Т. 21. № 6. С. 57–69.

2. Тюрин С.Ф. Анализ настроек логических элементов при проектировании автомата в системе QuartusII // В мире научных открытий. 2015. № 4 (64). С. 437–453.

3. Лемешко Н.В. Подходы к моделированию цифровых электронных схем // Труды научно-исследовательского института радио. 2008. № 4. С. 65–72.

4. Шогенов А.А., Тлостанов Ю.К. Имитационная модель четырехразрядного регистра сдвига. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS № 2017618381. Заявка № 2017615054 от 30.05.2017. Опубл. 28.07.2017.

5. Страбыкин Д.А. Построение функциональных моделей узлов и блоков в компьютерном практикуме по ЭВМ // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 8. С. 188–193.

УДК 621.81

МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПРИВОДОВ НОГИ ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА

Сысоев С.Н., Никифоров И.Е., Маскин А.С.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: antonmaskin62@gmail.com

Настоящая статья посвящена разработке мобильных роботов, в частности конструированию шагающих аппаратов, перемещение которых осуществляется ногами, каждая из которых выполнена в виде последовательно сочлененных посредством шарниров стержней бедра, голени и стопы, взаимодействующей с опорной поверхностью. Анализируются системы приводов ног шагающих аппаратов с расширенными функциональными возможностями, позволяющие шагать в любом направлении без поворота корпуса робота. Выявлены недостатки данных устройств, связанные со сложным конструктивным исполнением и управлением. С использованием метода исследования функционально-физических связей разработана методика конструирования системы приводов ноги шагающего аппарата. Анализируя структуры потребностей, функций, физических явлений, выявлен существенный признак соответствия наклона корпуса требуемому направлению перемещения устройства. Предложена идея использования указанного признака для организации энергетических и информационных потоков функционирования системы приводов ноги шагающего аппарата. Создано устройство, реализующее данную идею, в котором направление перемещения задается наклоном корпуса аппарата, а функционирование системы приводов камерного типа осуществляется заданием геометрий камер. По сравнению с аналогичными устройствами существенно уменьшено количество используемых приводов. Для перемещения бедра ноги вместо шестистержневого шарнирного механизма со стержнями управляемо изменяемой длины применяется один привод. Кроме этого, показано, что предложенная структура системы приводов расширяет функциональные возможности шагающего аппарата. Возможно перемещение как в направлении наклона корпуса устройства, так и в противоположном направлении. Также показана возможность использования наклона опорной поверхности для управления направлением перемещения шагающего аппарата.

Ключевые слова: система приводов, нога шагающего аппарата, методика конструирования, стержни, бедро, голень, стопа, опорная поверхность

DESIGN METHODOLOGY OF DRIVE SYSTEM OF WALKING MACHINE LEG

Sysoev S.N., Nikiforov I.E., Maskin A.S.

Alexander Grigorievych and Nikolay Grigorievich Stoletov Vladimir State University, Vladimir, e-mail: antonmaskin62@gmail.com

The article concentrates on the mobile robots development, in particular the design of walking machines with legs, each of which is made in the form of joint-concatenated rods of hip, shin and foot, engaging with bearing surface. The advanced functionality of drive systems of walking machines legs that allows to walk in any direction without robot body pivoting is analyzed. The deficiencies of these devices related to complicated design and handling are revealed. The design methodology of drive system of walking machine leg was developed using functional and physical linkage analysis. An essential feature that the body tilt corresponds to the desired direction of movement of the device was revealed while analyzing the patterns of requirements, functions and physical phenomenon. The idea of using this feature for energy and information flows arrangement of the drive system operation of walking machine leg is proposed. A device that implements this idea was created, in which the direction of movement is set by the tilt of the device body, and the operation of the chamber-type drive system is performed by setting the chamber geometries. The number of drives used has been significantly reduced compared to similar devices. A single drive is used to move the hip of the leg instead of a six-rod hinge mechanism with rods of controllably variable length. In addition, it is shown that the proposed arrangement of the drive system extends the functional capabilities of the walking machine. It is possible to move in the direction of the device body tilt as well as the opposite direction. The possibility of using the tilt of the bearing surface to control the direction of movement of the walking machine is also shown.

Keywords: drive system, walking machine leg, design methodology, rods, hip, shin, foot, bearing surface

Совершенствование технологий и устройств, реализующих шагающие перемещения, создаваемых с древних времен (230 г. до Р.Х. [1, с. 4]), и в настоящее время является актуальным.

По сравнению с традиционными колёсными и гусеничными машинами шагающие аппараты имеют ряд преимуществ перед традиционными транспортными средствами при движении по поверхности со сложным рельефом [2].

Для выполнения шагающего перемещения используют две взаимосвязанные части: систему управления (информационную) и силовую (энергетическую), которые постоянно совершенствуют. Применяют современные информационно-измерительные и управляющие системы [3], используют традиционные движители и разрабатывают оригинальные, например, оболочковые [4] приводные механизмы.

Одним из перспективных направлений являются современные разработки, связанные с созданием шагающего аппарата, конструктивное исполнение которого позволяет реализовывать любое требуемое

направление его перемещения без поворота корпуса [5]. Это достигается тем, что бедро ноги данного аппарата выполнено по типу опрокинутой платформы Стюарта.

Однако существенное увеличение количества силовых цилиндров в системе приводов приводит к значительному усложнению управления и конструкции, а также к снижению массогабаритных характеристик устройства.

Анализ разработанных современных шагающих аппаратов (педипуляторов), предназначенных для передвижения по пересеченной местности, выявил сложное конструктивное исполнение систем приводных механизмов и их управления.

Цель исследования: повышение эффективности работы педипуляторов путем разработки методики их конструирования, позволяющей создавать новые системы приводов, как с упрощенной силовой частью, так и простым управлением, при сохранении требуемых функциональных возможностей.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является система приводов педипуляторов. В качестве предмета исследования принят аппарат, шагающий в любом направлении без поворота корпуса в горизонтальной плоскости.

Для реализации поставленной цели используем метод исследования функционально-физических связей (МИФФС) [6], который базируется на выявлении и использовании скрытых закономерностей работы исследуемого объекта, анализируя его потребности, функции, физические явления, происходящие в устройстве на последовательных этапах его функционирования.

Рассмотрим работу шагающего аппарата с шестью ногами, который в процессе перемещения последовательно опирается на три ноги.

На рис. 1 показаны этапы работы шагающего аппарата, реализующего перемещение в требуемом направлении без поворота его корпуса.

Корпус 1 (рис. 1, а) перемещается в направлении, например, вправо шестью ногами, каждая из которых выполнена в виде последовательно сочлененных посредством шарниров стержней бедра 2, голени 3 и стопы 4, взаимодействующей с опорной поверхностью 5. Перед началом движения корпус наклоняется в направлении требуемого перемещения (рис. 1, б), затем приподнимаются три ноги (рис. 1, в), устраняя силовое взаимодействие стоп с их опорными поверхностями. Поворотом бёдер двух ног в требуемом направлении перемещения корпуса (рис. 1, г) достигается перемещение их стоп в данном направлении относительно их опорных поверхностей. Перемещаются изогнутые ноги относительно корпуса в направлении опорных поверхностей (рис. 1, д), осуществляя силовой контакт стоп с ними. Выпрямляются ноги (рис. 1, е), перемещая корпус на шаг в заданном направлении.

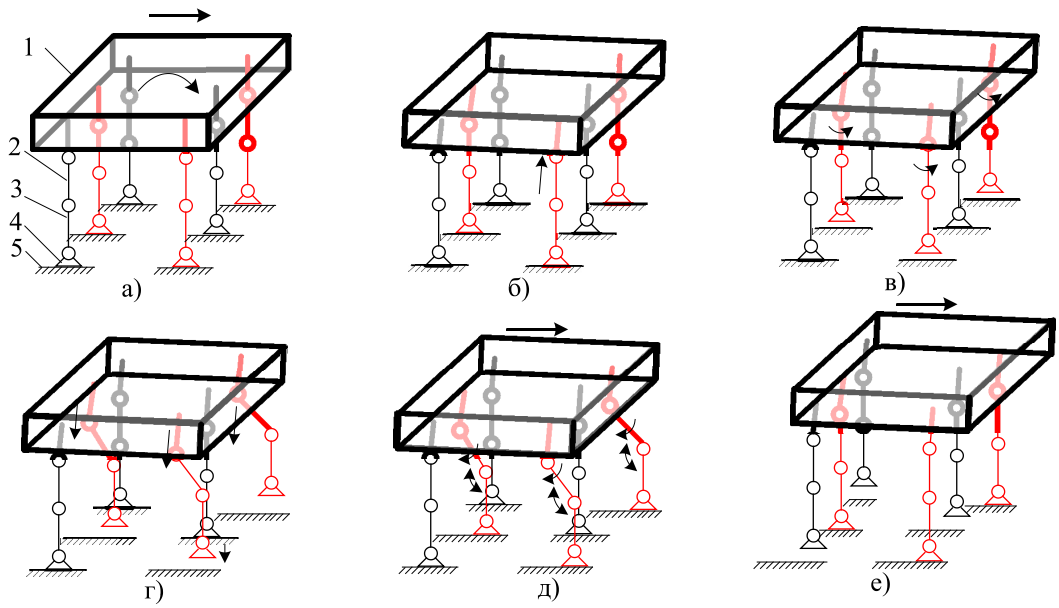


Рис. 1. Этапы работы шагающего аппарата: а), б), в), г), д), е – соответственно исходное положение; с наклоном корпуса; подъем трех ног; поворот бедер; опускание стоп на опорные поверхности; выпрямление ног

Проведем анализ выполнения ногой шагающего аппарата функции перемещения корпуса в заданном направлении.

Исследуем процесс поднятия стопы и перемещения в требуемом направлении относительно её опорной поверхности.

Рассмотрим систему приводов (рис. 2), установленную на корпусе 1 и состоящую из приводов ноги 2, бедра 3, голени 4 и стопы 5. *A* – заданное направление перемещения корпуса, α – угол наклона корпуса перед началом перемещения, β – угол поворота бедра ноги.

Необходимо разработать систему приводов, в которой были бы организованы причинные взаимосвязи между физическими явлениями (*J*), реализующими требуемую последовательность функций (Ф):

$$\text{Фин} – \text{Фзн} – \text{Фпн} – \text{Фпс},$$

$$J\text{ин} – J\text{зн} – J\text{пн} – J\text{пс},$$

где ин, зн, пн, пс – соответственно исходного состояния аппарата, задания направления перемещения, подъема ноги, перемещения стопы относительно опорной поверхности.

Данные физические явления формально описываются выражением

$$\begin{gathered}
\forall J\text{ин}\ \exists\ [(\alpha = 0) \wedge (\text{П2} = 0) \wedge (\text{П3} = 0) \wedge (\text{ЭП3} = 0) \wedge (\text{П4} = 0) \wedge (\text{П5} = 0) \wedge (\beta = 0)], \\
\forall J\text{зн}\ \exists\ [(\alpha = 1) \wedge (\text{П2} = 1) \wedge (\text{П3} = 0) \wedge (\text{ЭП3} = 1) \wedge (\text{П4} = 0) \wedge (\text{П5} = 0) \wedge (\beta = 0)], \\
\forall J\text{пн}\ \exists\ [(\alpha = 1) \wedge (\text{П2} = 1) \wedge (\text{П3} = 0) \wedge (\text{ЭП3} = 0) \wedge (\text{П4} = 0) \wedge (\text{П5} = 0) \wedge (\beta = 0)], \qquad (1) \\
\forall J\text{пс}\ \exists\ [(\alpha = 1) \wedge (\text{П2} = 0) \wedge (\text{П3} = 1) \wedge (\text{ЭП3} = 1) \wedge (\text{П4} = 0) \wedge (\text{П5} = 0) \wedge (\beta = 1)],
\end{gathered}$$

где П2, П3, П4, П5 – работа соответственно приводов перемещения ноги, бедра, голени, стопы; ЭП3 – изменение положения элементов привода бедра; 1 и 0 – соответственно наличие и отсутствие физического явления.

Анализ данного выражения показывает, что для всех ситуаций работы шагающего аппарата существуют физические явления:

– из исходного положения осуществляют наклон корпуса в сторону требуемого направления перемещения, приводящий к смещению центра его массы относительно опоры ноги;

– поворот корпуса относительно опоры ноги приводит к изменению положения элементов привода бедра ноги аппарата.

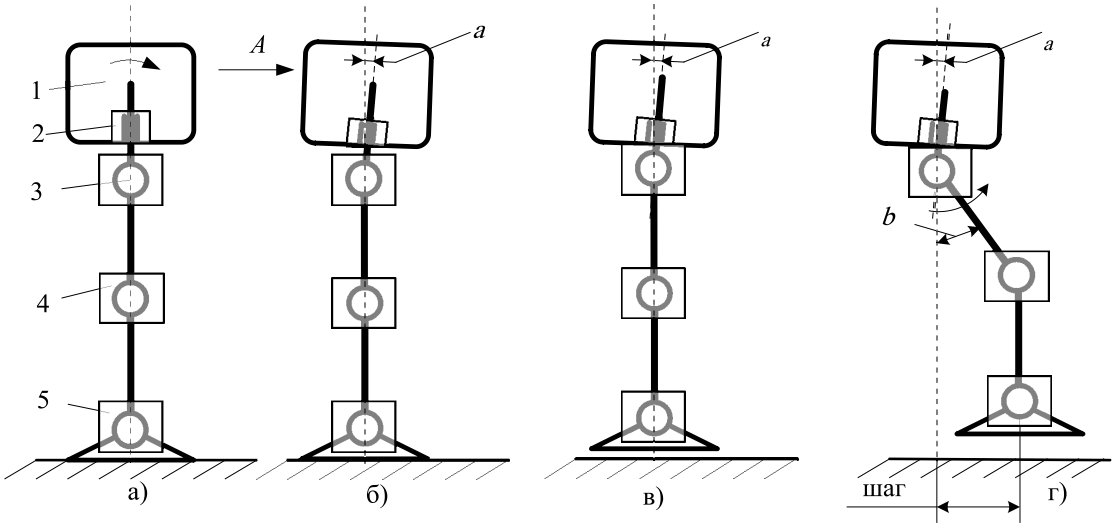


Рис. 2. Расчетная схема работы системы приводов ноги шагающего аппарата: а), б), в), г) соответственно исходное положение; с наклоном корпуса; подъем ноги; поворот бедра

Результаты исследования и их обсуждение

Анализом физических явлений, происходящих при функционировании ноги шагающего аппарата, выявлены существенные признаки выполнения функции перемещения стопы в требуемом направлении. Предложена идея управления устройством с использованием информации о положении корпуса аппарата относительно опорной поверхности ног. Это позволяет существенно сократить количество управляемых приводов при сохранении функциональных возможностей устройства.

Данная идея реализована устройством (рис. 3) [7]. На корпусе 1 закреплен привод 2 перемещения ноги аппарата. Нога выполнена в виде последовательно сочлененных посредством шарниров стержней. В местах сочленения стержней установлены приводы 3, 4, 5 соответственно бедра, голени и стопы. Приводы представляют собой герметичную камеру, образованную гибкой оболочкой, выполненную с возможностью соединения с источником пневмопитания. Оболочки камер приводов бедра и стопы состоят из одной диафрагмы, а камера привода голени – из двух диафрагм. Создание в любой камере избыточного давления пневмопитания приводит к выпрямлению относительного осевого положения стержней.

Работа, например, привода 3 бедра осуществляется следующим образом. Перед началом работы наклоном корпуса задается направление поворота бедра. Перекос бедра относительно корпуса приводит к изменению геометрии камерного привода. Камеру привода соединяют с пневмолинией давления разрежения. Возникает силовое воздействие на стержень в виде крутящего момента, направленного в заданную сторону поворота бедра, которое поворачивается на угол β (рис. 2, б).

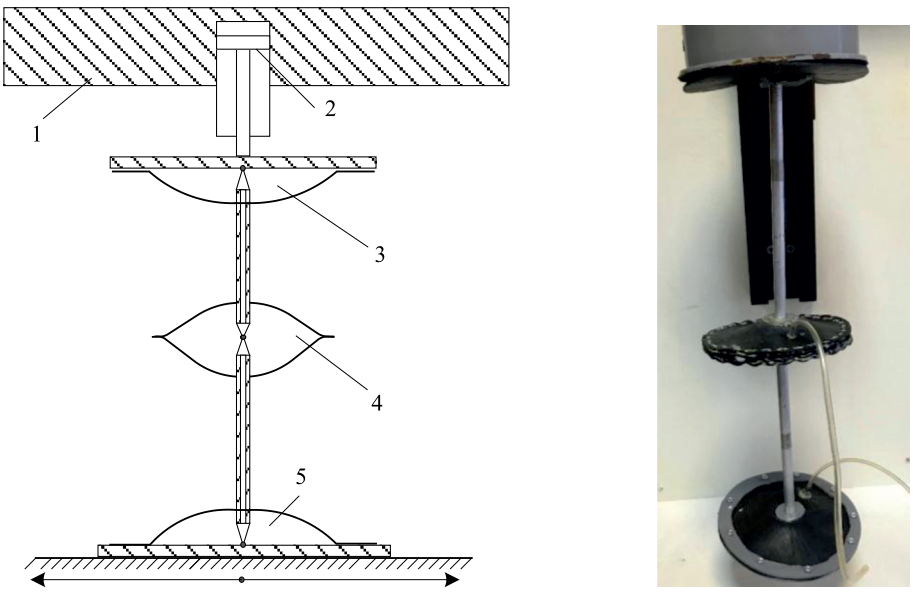
Макетирование устройства (рис. 3, б) и проведенные натурные исследования подтверждают его работоспособность и эффективность.

Предложенная новая структура ноги шагающего аппарата кроме этого позволяет расширить функциональные возможности устройств данного типа.

Например, на рис. 4 показаны варианты реализации перемещения стопы относительно опорной поверхности в направлении противоположном наклону корпуса (рис. 4, а и б) и работа системы приводов с использованием наклона опорной поверхности (рис. 4, в, г, д, е).

В исходном положении (рис. 4, в) стопа находится над опорной поверхностью, так как нога приводом 2 поднята относительно корпуса 1. Камеры 3, 4, 5 соединены с пневмопитанием избыточного давления и стержни подпружинены в среднем положении.

Соединяют полость 5 с атмосферой и перемещают приводом 2 ногу вниз (рис. 4, г).



а) *б)*

Рис. 3. Нога шагающего аппарата: а) схема; б) общий вид

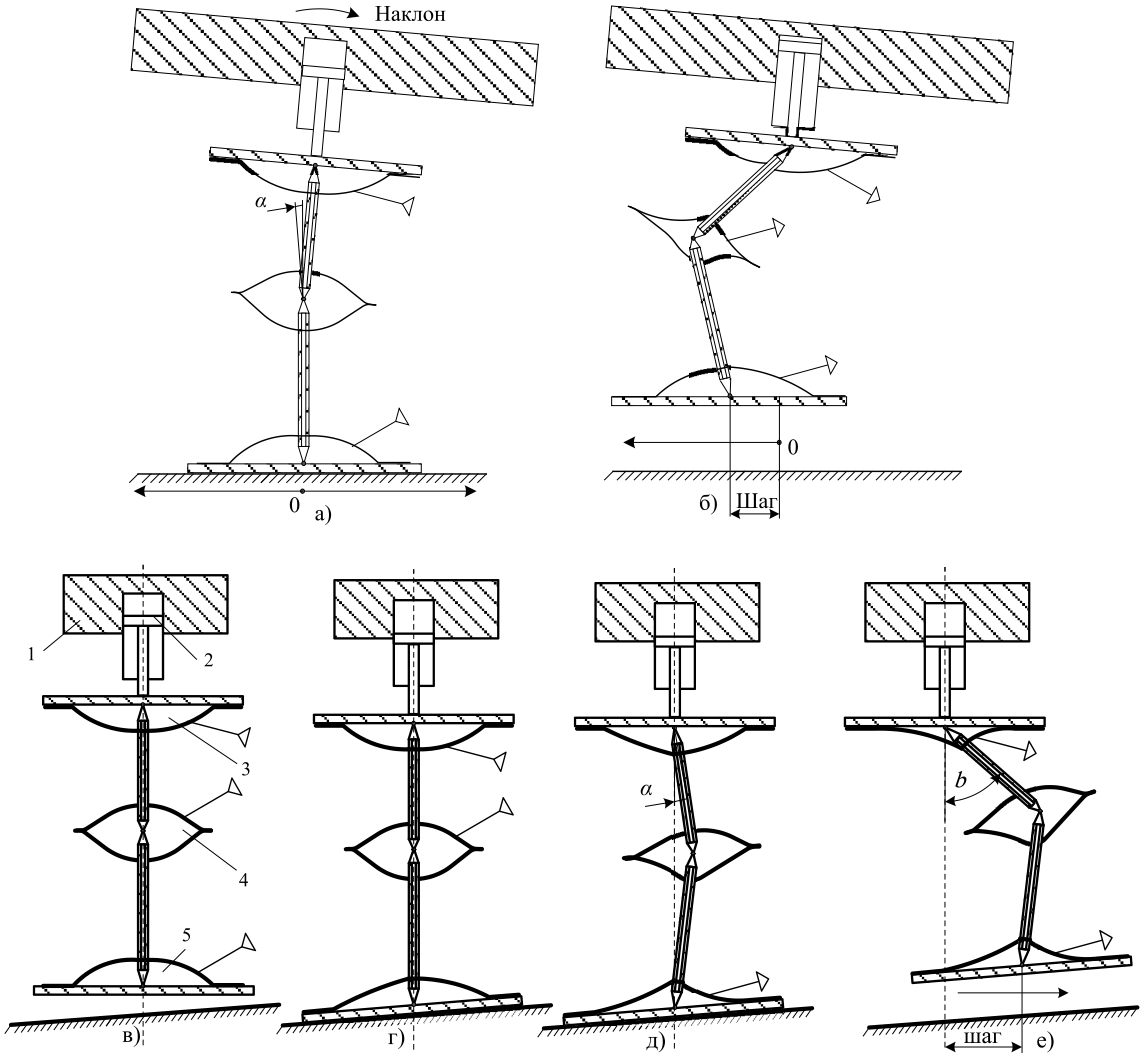


Рис. 4. Схема этапов перемещения стопы шагающего аппарата:
а) и б) по горизонтальной поверхности соответственно до и после выполнения перемещения;
в), г), д), е) по наклонной поверхности соответственно исходное положение ноги,
в контакте с опорной поверхностью, перед перемещением и после

Силовое взаимодействие опорной поверхности со стопой приводит к перекосу взаимного расположения голени и стопы.

Соединение полости 5 с пневмолинией разрежения (рис. 4, д), а затем полостей 3 и 4 с атмосферой приводит к изменению взаимного расположения стержней бедра и голени. Соединением камер 2, 3 с пневмолинией разрежения нога сгибается и перемещается стопа относительно опорной поверхности (рис. 4, е).

Заключение

Таким образом, применением методики поискового конструирования выявлен новый существенный признак выполнения функций перемещения ноги шагающего аппарата.

Предложены идея и новое устройство для ее реализации, в котором направление перемещения задается наклоном корпуса аппарата, а функционирование системы приводов камерного типа осуществляется заданием геометрии камер.

По сравнению с аналогичными устройствами существенно уменьшено количество используемых приводов. Для перемещения бедра ноги вместо шестистержневого шарнирного механизма применяется один привод.

Кроме этого, показано, что предложенная структура системы приводов рас-

ширяет функциональные возможности шагающего аппарата. Аппарат может перемещаться как в направлении наклона корпуса устройства, так и в противоположном, а также использовать наклон опорной поверхности для управления направлением его перемещения.

Список литературы

1. Павловский В.Е. О разработках шагающих машин // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2013. № 101. 32 с. [Электронный ресурс]. URL: http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-101 (дата обращения: 11.01.2020).

2. Фокин В.Г., Шаныгин С.В. Обзор и перспективы развития мобильных шагающих робототехнических систем // Молодой ученый. 2015. № 18. С. 207–215. [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/archive/98/22115/ (дата обращения: 11.01.2020).

3. Пряничников В.Е. Исследование возможностей совершенствования информационно-измерительной и управляющей систем мобильных роботов с дистанционными сенсорами: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.11.16. Москва, 2010. 33 с.

4. Чернусь П.П. Разработка динамических математических моделей силовых оболочковых бесштоковых пневмоцилиндров толкающего типа с учетом динамики сжатого газа: автореф. дис. … докт. техн. наук: 05.02.02. Санкт-Петербург, 2015. 18 с.

5. Сосенков А.В., Донченко А.А. Нога шагающего аппарата // Патент РФ № 259316. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главный научно-исследовательский испытательный центр робототехники» Министерства обороны Российской Федерации (ФГБУ «ГНИИЦ РТ» МО РФ) (RU). 2016. Бюл. № 22.

6. Сысоев С.Н. Принципы и методы нахождения технических решений. Метод исследования функционально-физических связей: моногр. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. 214 с.

7. Сысоев С.Н., Черкасов Ю.В., Маскин А.С. Нога шагающего аппарата // Патент РФ № 2709945. Патентообладатель ФГБОУ ВО ВлГУ. 2019. Бюл. № 36.

УДК 004.738.5:159.9

ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТЬ КАК ФАКТОР АДДИКТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В КИБЕРПРОСТРАНСТВЕ

Фадюшин С.Г.

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: fadyushin.sg@dvfu.ru

Прогресс информационных технологий безусловно полезен, но несёт ряд угроз для человека и общества. Одна из них, называемая интернет-зависимостью или интернет-аддикцией, интенсивно обсуждается в научных и общественных кругах. Интернет-зависимость пока не является общепризнанным фактором аддиктивного поведения человека. Но почти все исследователи отмечают нарастающую силу негативного влияния этого феномена на психическое состояние пользователей интернета. Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время для многих людей интернет превратился в пагубную привычку, избавиться от которой можно путем своевременной диагностики и принятия соответствующих психотерапевтических мер. Цель проведённого исследования заключается в теоретическом обосновании диагностического критерия и методики первичной оценки интернет-зависимого поведения человека в аспекте информационных технологий. В качестве критерия диагностики рассматривается энтропия ключевых слов и выражений, используемых человеком при поиске информации в интернете. Основным инструментом исследования служит авторская методика вероятностной оценки смысла поисковых запросов в сети Интернет. В результате проведенного исследования получен диагностический критерий первичной оценки интернет-зависимости. Использование этого критерия позволяет выявить у человека «общее» расстройство личности, а затем охарактеризовать его конкретными признаками, позволяющими диагностировать аддиктивное поведение в интернете. Полученные результаты могут представлять теоретический интерес и практическую ценность для специалистов по психологии интернета, разработчиков искусственного интеллекта и пользователей сети Интернет.

Ключевые слова: интернет-зависимость, информация, энтропия, аддикция, Интернет

INTERNET ADDICTION AS A FACTOR OF ADDICTIVE HUMAN BEHAVIOR IN CYBERSPACE

Fadyushin S.G.

Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: fadyushin.sg@dvfu.ru

The progress of information technology is certainly useful, but it poses a number of threats to people and society. One of them, called Internet addiction, is intensively discussed in scientific and public circles. Internet addiction is not yet a recognized factor in addictive behavior. But almost all researchers note the growing power of the negative impact of this phenomenon on the mental state of Internet users. The relevance of the study is due to the fact that currently, for many people, the Internet has become a bad habit, which can be eliminated by timely diagnosis and taking appropriate psychotherapeutic measures. The purpose of the study is to provide a theoretical basis for the diagnostic criteria and methods for the initial assessment of Internet-dependent human behavior in the aspect of information technology. The entropy of keywords and expressions used by a person when searching for information on the Internet is considered as a diagnostic criterion. The main research tool is the author's method of probabilistic evaluation of the meaning of search queries on the Internet. As a result of the study, a diagnostic criterion for the initial assessment of Internet addiction was obtained. Using this criterion, you can identify a person's «General» personality disorder, and then characterize it with specific features that allow you to diagnose addictive behavior on the Internet. The results obtained may be of theoretical interest and practical value for Internet psychology specialists, artificial intelligence developers, and Internet users.

Keywords: Internet addiction, information, entropy, addiction, Internet

Родоначальником психологического изучения феноменов зависимости от интернета считается клинический психолог К. Янг. С ее точки зрения, интернет-зависимость следует рассматривать как реальный клинический феномен, один из видов психических расстройств. Однако, термин «интернет-зависимость» пока не имеет общепризнанного статуса и на официальном уровне трактуется как состояние аддиктивного поведения человека, требующее дальнейшего изучения. Тем не менее в настоящее время проблемы психологии интернета получили настолько обширное распространение, что все больше специалистов склоняются к мнению считать пристрастие к интернету реальным диагнозом. Так по опросу, проведенному независимой социологической службой Фонд «Общественное мнение», на вопрос: «Есть ли среди ваших друзей / знакомых те, кто не могут долго обходиться без интернета, испытывают от него зависимость? И если есть, то таких людей много или мало?» почти 40 % респондентов в возрасте до 30 лет ответили положительно.

В данной статье «Под интернетом понимается не конкретная сеть из взаимосвязанных компьютеров и мобильных устройств,

и даже не сеть сетей вместе с каналами и устройствами связи между составными элементами с соответствующими программами и протоколами, а наряду с такими сетями также и построенные на их основе социальные сервисы, привлекающие людей и/или обеспечивающие их деятельность» [1]. Из подобной трактовки Интернета следует такое понятие, как «психология интернета» или «киберпсихология» [1].

В работе использованы результаты авторских исследований [2, 3] и другие материалы, представленные в библиографическом списке.

В настоящее время для измерения зависимости от интернета в основном используются опросные методы. Одной из наиболее распространенных является методика CIAS [4]. Стандартизация критериев и учёт психологического аспекта способствуют решению проблемы психодиагностики интернет-зависимого поведения человека. Однако ни одна из предложенных измерительных шкал не является универсальной.

Одним из основных признаков интернет-зависимости, используемым в имеющихся методиках, считается то, что человек слишком много времени уделяет интернету. Действительно, среди людей, обращающихся за психологической помощью из-за проблем, связанных с употреблением интернета, 61 % делают это из-за чрезмерного пользования интернетом [5]. Однако количество часов, проведенных человеком в интернете, растёт по экспоненциальному закону. Поэтому количественные данные о «норме» совершенно не показательны для пользователей интернета разных эпох.

В последнее время в исследованиях по психологии интернета наблюдается тенденция поиска связей между интернет-зависимостью и опытом потока [1, 6]. Такие феномены, как интернет-зависимость и опыт потока, внешне сходны, так как оба связаны с поведенческим повторением действия. Поэтому некоторые авторы полагают, что переживание опыта потока в интернете может вызывать тенденцию к зависимости.

Таким образом, обзор литературы показывает, что для оценки интернет-зависимого поведения существуют методики и измерительные шкалы. Но ни одна из них не получила широкого распространения, за исключением методики CIAS. Поэтому проблема оценки интернет-зависимого поведения пока остается одной из актуальных проблем в этой области, для решения которой требуется разработка обоснованных диагностических критериев.

Цель данного исследования заключается в том, чтобы обосновать критерий и метод диагностики интернет-зависимого поведения, исходя из информационной природы этого феномена, т.е. на первоначальном исходном уровне появления первых признаков интернет-зависимости. При этом для установления окончательного диагноза не исключается использование апробированных методов психодиагностики.

Материалы и методы исследования

Обзор литературы и авторские исследования по интернет-зависимости позволили сформулировать следующую гипотезу. При поиске в интернете интернет-зависимый человек, очевидно, чаще всего будет обращаться к одной заведомо определённой поисковой теме. Отсюда следует, что по уровню осмысленности набор слов и фраз поисковых запросов по этой теме («пользовательский» текст) будет отличаться от набора слов и фраз поисковых запросов, составленного по рейтингу поисковых тем поисковой машины («машинный» текст). В данном случае «машинный» текст будет представлять «норму», а «пользовательский» – «аномалию». Сравнивая осмысленность этих текстов можно количественно оценить отклонение в использовании интернета от нормы. Если расхождение между «аномалией» и «нормой» увеличивается при неограниченном росте количества часов, проводимых в интернете, то, очевидно, опыт потока трансформируется и переходит в интернет-зависимость.

Для обоснования диагностического критерия интернет-зависимого поведения использовались следующие посылки:

1. Смысл несет в себе информацию о своем денотате и имеет вероятностную природу. Осмысленность текста – это уровень (количество смысла) в нём.

2. Опыт потока, связанный с использованием интернета, может трансформироваться и перейти в интернет-зависимость.

3. Одним из основных факторов развития интернет-зависимости является количество времени, проводимое человеком в интернете.

Слова, из которых состоят поисковые запросы, символизируют случайные события при поиске пользователем информации в интернете. Однако отдельное слово само по себе не выражает смысла. В своей основополагающей работе «Смысл и денотат» Г. Фреге показал, что слово является выразителем, инструментом для описания денотата, но не смысла. Для того, чтобы выявить смысл, необходимо установить смысловые связи между словами и выстроить

«цепочку смысловых связей». Кроме того, обе категории, «значение» и «смысл», должны быть однородны, выражаясь языком математики, иметь одну и ту же единицу измерения. То есть смысловая связь между словами должна обладать свойством однородности. Общим, что объединяет обе эти категории, является информация, которая измеряется через энтропию.

Методика расчета количества смысла текстового сообщения описана в авторской работе [2]. Основные положения этой методики сводятся к следующему. При установлении смысловых связей для каждого слова и фразы «машинного» и «пользовательского» текстов рассчитывается энтропия по Шеннону (H). Затем находится разность энтропий между двумя соседними словами или фразами (ΔH) по всему тексту. Этим действием вычленяется денотат, содержащийся в соседних словах и фразах, а то, что остаётся в остатке – смысл. Так как подбор поисковых слов и фраз человеком представляет собой случайный процесс, то и разность энтропий будет случайной величиной.

Разность энтропий ΔH как случайная величина имеет экспоненциальный закон распределения, параметрами которого можно оценить величину смысла. Для оценки удобно использовать такой параметр, как дифференциальная энтропия $H(\Delta H)$. При сравнении исходного и вероятностного текстов (вероятностный текст – исходный текст со случайной перестановкой слов) было установлено, что уровень осмысленности зависит от упорядоченности, т.е. энтропии по Шеннону, текста по ΔH. Применительно к параметру $H(\Delta H)$ это означает, что чем больше дифференциальная энтропия экспоненциального распределения случайной величины ΔH, тем больше смысла, и наоборот. Данная закономерность даёт основание использовать дифференциальную энтропию смысловой связности поисковых слов и фраз для количественной оценки смысла текста в качестве психометрической характеристики (диагностического критерия) M:

$$M = H(\Delta H).$$

При оценке интернет-зависимости сравниваются и анализируются значения M_i и M_m соответственно «пользовательского» и «машинного» текстов:

если $M_i \geq M_m$, то, вероятнее всего, интернет-зависимость отсутствует;

если $M_i < M_m$, то, вероятнее всего, наблюдается прогресс интернет-зависимости.

Таким образом, снижение уровня дифференциальной энтропии поисковых запросов отдельного человека (M_i) по сравнению с уровнем дифференциальной энтропии поисковых запросов по рейтингу поисковой машины (M_m), при немотивированном неограниченном увеличении времяпрепровождения в интернете (T_i) будет свидетельствовать о развитии интернет-зависимости:

$$M_i < M_m,\ T_i \to \infty,$$

где символ ∞ использован в психологическом контексте как стремление пользователя к неограниченному использованию интернета.

Результаты исследования и их обсуждение

Для апробации методики было опрошено 50 студентов ДВФУ. В анкетах респондентам предлагалось ответить на вопрос о количестве времени, проводимого в интернете, и указать темы, ключевые слова и выражения, используемые при поиске информации. Данные для «машинного» текста получены с помощью сервиса Подбор слов поисковой машины Яндекс.

После статистической обработки анкет были получены следующие результаты [3]:

– время нахождения в интернете одного человека составило 8,8 ч;

– между количеством времени, проводимого в интернете, и психометрическим критерием M установлена обратная корреляционная зависимость с коэффициентом корреляции $R = –0,3$, т.е. при увеличении времени осмысленность интернет-запросов снижается;

– из числа опрошенных студентов примерно 20 % имеют признаки интернет-зависимого поведения.

В качестве примеров приведем результаты расчетов и их графическое представление для случаев соответствия «норме» и «аномалии». Для первого случая («норма») получилось: $M_i = 0,52035$, $M_m = 0,2807$. По данным из анкеты $T = 9$ ч при среднестатистической величине $T = 8,8$ ч. При этих значениях диагностический критерий имеет следующий вид: $M_i > M_m$, $T_i = 9$ ч/сутки. Для второго случая («аномалия»): $M_i = 0,28292$, $M_m = 0,28071$. T = 24 ч в сутки (по данным из анкеты). Диагностический критерий: $M_i < M_m$, $T_i = 24$ ч/сутки.

На рис. 1 и 2 изображены графики функций плотности вероятности разности энтропий (по Шеннону) для «пользовательского» и «машинного» текстов в случаях «нормы» и «аномалии». На обоих рисунках сплошная линия означает график функции плотности вероятности «машинного» текста, штриховая – «пользовательского».

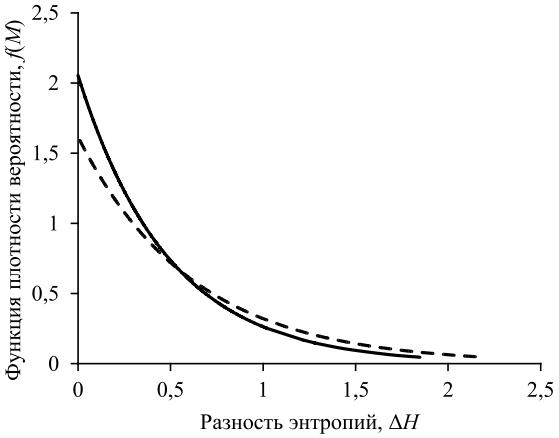


Рис. 1. Графики функций плотности вероятности при «норме»

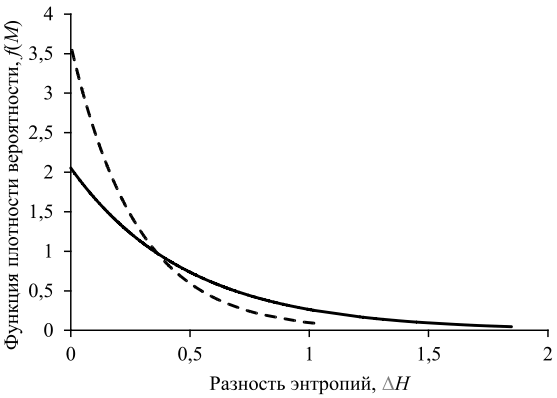


Рис. 2. Графики функций плотности вероятности при «аномалии»

Представленные на рис. 1 и 2 графики функций плотности вероятности экспоненциального распределения случайной величины ΔH показывают, что в случае «нормы» вероятность «коротких» по величине (малых по разности энтропий между соседними словами) смысловых связей для «пользовательского» текста меньше, чем в случае «аномалии». Вероятность «длинных» смысловых связей для «пользовательского» текста, наоборот, в случае «нормы» больше, чем в случае «аномалии».

Полученный результат свидетельствует о том, что в состоянии интернет-зависимости человек составляет поисковые запросы из однотипных, близких по «длине» (количеству букв) слов. Для составления текста, содержащего «длинные» смысловые связи, требуется большее напряжение мысли и творческий подход, что невозможно в состоянии зависимости.

Результаты расчетов и анализа графиков подтверждаются перечнем поисковых тем, указанных в анкетах. В случае «нормы» респондент в качестве значимых указал следующие темы: наука, программирование, музыка, кино, образование, видео, новости, семья, компьютерная техника, социальные сети, работа. В случае «аномалии»: «смешные видеоролики», интегралы, игры.

Таким образом, контрольные примеры подтверждают гипотезу проведенного исследования: при поиске в интернете «зависимый» человек чаще всего будет обращаться к одной заведомо определённой поисковой теме (темам), в результате чего по уровню осмысленности «пользовательский» текст будет меньше «машинного» текста. Отсюда следует, что в качестве диагностического критерия первичной оценки интернет-зависимого поведения человека можно использовать критерий и методику, предлагаемые в данной работе.

Заключение

Таким образом, в контексте информационных технологий к оценке интернет-зависимого поведения человека в качестве диагностического критерия предлагается использовать дифференциальную энтропию смысловой связности ключевых слов и фраз поисковых запросов в интернете. Снижение уровня осмысленности поисковых запросов отдельного человека по сравнению с уровнем осмысленности поисковых запросов по данным поисковой машины при немотивированном неограниченном увеличении времени нахождения в интернете будет свидетельствовать о формировании интернет-зависимости. Для окончательного диагноза о наличии у человека интернет-зависимости необходимо дополнительно к предлагаемому критерию использовать соответствующие методы психодиагностики, например, CIAS.

Список литературы

1. Войскунский А.Е. Вступительное слово // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2011. Т. 8. № 4. С. 29–34.

2. Фадюшин С.Г. Вероятностная оценка смысла. // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2018. № 1. С. 37–54.

3. Fadyushin S.G., Vereshchagina E.A., Kayak A.B. Diagnosis of Internet-dependent Human Behavior in the Information Aspect. International Science and Technology Conference «FarEastCon». ISCFEC 2019. Atlantis Press.

4. Chen S.H., Weng L.J., Su Y.J., Wu H.M., Yang P.F. Development of Chinese Internet Addiction Scale and Its Psychometric Study. Chinese Journal of Psychology. 2003. Vol. 45 (3). P. 279–294.

5. Mitchell K.J., Becker-Blease K.A., Finkelhor D. Inventory of problematic Internet experiences encountered in clinical practice. Professional Psychology. 2005. Vol. 36 (5). P. 498–509.

6. Войскунский А.Е. Психология и Интернет. М.: Акрополь, 2010. 439 с.

УДК 004.942

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРАХ

Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Горский С.А.

ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова» СО РАН, Иркутск, e-mail: agf65@yandex.ru

В настоящее время повышение эффективности управления сложными объектами в большинстве случаев достигается путем интеллектуализации их управляющих систем. В связи с этим в статье предложен новый подход к предметно-ориентированному исследованию систем массового обслуживания. В рамках данного подхода разрабатываются новые интеллектуальные модели, алгоритмы, методы и инструментарии, предназначенные для поддержки принятия решений в процессе управления системами массового обслуживания на базе структурного и параметрического анализа их характеристик, свойств и процессов работы. Перечисленные разработки объединяются в новую специализированную технологию принятия решений. Разрабатываемые методы и средства моделирования систем массового обслуживания будут использованы в процессе исследования важных инфраструктурных объектов Байкальской природной территории, использующих природосберегающие технологии. С этой целью разрабатываются цифровые двойники инфраструктурных объектов. Они позволяют расширить диапазон исследуемых условий функционирования инфраструктурных объектов. Их применение дает возможность более точно оценить достигаемую эффективность их создания и работы, сэкономить ресурсы, минимизировать риски ошибок и сбоев оборудования, продлить срок стабильной работы данных объектов. Дополнительно можно будет получить максимальную отдачу от инвестиций в природосберегающие технологии, повысить конкурентоспособность объектов и нарастить лояльность их клиентов.

Ключевые слова: системы массового обслуживания, моделирование, цифровые близнецы, инфраструктурные объекты, высокопроизводительные вычисления

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TECHNOLOGY FOR DECISION MAKING SUPPORT IN QUEUING SYSTEMS BASED ON THEIR SIMULATION MODELING ON SUPERCOMPUTERS

Feoktistov A.G., Kostromin R.O., Gorskiy S.A.

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of SB RAS, Irkutsk, e-mail: agf65@yandex.ru

Nowadays, improving the management efficiency of complex objects, as a rule, can only be achieved through the intellectualization of their control systems. In this regards, we propose a new approach to the subject-oriented study of queuing systems. In this approach, new intelligent models, algorithms, methods, and tools are developed. They will be integrated within the framework of a unified decision support technology for managing queuing systems based on an analysis of their structural and parametric characteristics. The developed methods and tools of modeling queuing systems will be used in the process of studying the important infrastructural objects of the Baikal Natural Territory that use environmentally friendly technologies. To this end, digital twins of infrastructural objects are developed. They enable to expand the range of studied conditions for the operation of infrastructural objects. We will more accurately evaluate the achieved efficiency of their creation and operation, save resources, minimize the risks of equipment errors and failures, and extend the period of stable operation of these objects. In addition, it will be possible to obtain the maximum possible return on investment in environmentally friendly technologies, increase the competitiveness of objects, and enhance customer loyalty.

Keywords: queuing systems, modeling, digital twins, infrastructural objects, high-performance computing

В настоящее время исследование поведения сложноорганизованных социально-экономических и технических систем массового обслуживания (СМО) во времени на разных этапах их проектирования и функционирования является одной из важных проблем имитационного моделирования. Сложность динамической структуры СМО обусловлена: большим числом важных характеристик функционирования СМО и связей между ними, представленных функциональными, статистическими, неоднозначными или иными отображениями; существованием широкого спектра случайных событий и законов их распределения; наличием ограничений различных видов.

СМО используются для моделирования процессов обслуживания клиентов, производства, транспортировки, связи, обработки информации, функционирования инфраструктурных объектов и других процессов. Применение имитационного моделирования позволяет существенно упростить разработку оптимальных режимов

их работы, а также нахождение и выбор управляющих параметров. В рамках такого моделирования разрабатывается имитационная программа, воспроизводящая процессы работы исследуемой системы, определяются ее входные и выходные (наблюдаемые) параметры, задаются внешние воздействия. Подготовка многовариантных расчетов осуществляется путем перебора значений входных переменных в заданных диапазонах. Для каждого варианта входных переменных рассчитываются соответствующие выходные переменные. Полученные результаты расчетов оптимизируются. Таким образом, оптимальные параметры процессов работы системы ищутся на основе метода грубой силы. Качество полученных результатов моделирования во многом обусловлено степенью полноты знаний о предметной области исследуемой системы, а также алгоритмах, используемых при решении задач.

Имитационное моделирование на основе многовариантных расчетов характеризуется высокой комбинаторной сложностью. Это в свою очередь приводит к большим затратам оперативной памяти и дискового пространства, а также значительной нагрузке на интерконнект. Поэтому для получения качественных результатов моделирования СМО зачастую требуется применение средств высокопроизводительных вычислений. Как правило, такие средства предоставляются центрами коллективного пользования (ЦКП). В противном случае, необходимо огрубление модели СМО, обуславливающее снижение качества результатов решения задачи. Использование параллельных или распределенных вычислений обеспечивает поддержку проведения крупномасштабных имитационных экспериментов, обработку исходных данных большего объема и расширение класса решаемых задач.

Необходимость учета специфики работы СМО и анализа информационных потоков данных актуализирует переход от традиционной математической модели системы к ее качественно новому виду – цифровому двойнику, содержащему актуальные данные о всем ее жизненном цикле [1, 2]. В настоящее время такой переход возможен благодаря стремительному развитию информационных технологий, увеличению размеров систем хранения данных и существенному росту производительности вычислительных систем, необходимому для обработки больших данных и эффективного извлечения знаний [3, 4].

Анализ научных работ по имитационному моделированию [5, 6], связанных с темой исследования, позволяет сделать вывод, что пользователи могут выбирать из ряда доступных инструментов моделирования, которые отличаются точностью представления реального мира и эффективностью. Однако многие инструменты не используют доступные мощности вычислительной среды и не учитывают специфику предметных областей исследуемых систем [7], а также не обеспечивают сервис-ориентированный интерфейс, являющийся важным компонентом современных средств моделирования [8].

Зачастую известные в настоящее время средства имитационного моделирования СМО в высокопроизводительной вычислительной среде либо являются узкоспециализированными, не обладающими всеми необходимыми функциональными возможностями для решения обозначенных выше проблем, либо входят в состав дорогостоящего программного обеспечения (как правило, зарубежного) [9] и в силу этого недоступны широкому кругу конечных пользователей (сотрудников профильных организаций).

Целью исследования является создание моделей, алгоритмов, методов и инструментариев, предназначенных для интеллектуальной поддержки принятия решений в процессе управления СМО на базе структурного и параметрического анализа их характеристик, свойств и процессов работы. Принятие решений базируется на многокритериальном анализе результатов имитации работы исследуемых систем в вычислительной среде, которая состоит из разнородных высокопроизводительных ресурсов. Такая среда может включать ресурсы центров коллективного пользования, включая суперкомпьютеры.

В статье представлен новый подход к исследованию СМО, базирующийся на комплексном применении методов концептуального программирования, инженерии знаний, искусственного интеллекта, многокритериальной оптимизации, параллельных и распределенных вычислений, виртуализации ресурсов, а также мультиагентных и сервис-ориентированных технологий. Рассмотрены архитектура и принципы функционирования системы спецификации и моделирования процессов функционирования СМО.

Принципы работы и аспекты реализации

Разработчики программного обеспечения для исследования сложных систем путем их имитации отмечают такие его необходимые свойства, как поддержка частичной автоматизации сборки моделей, их

верификация и валидация, настройка модели на конкретную предметную область, реализация комбинированного моделирования или гибридного моделирования, сбор и обработка слабоструктурированных данных, их реформирование в структуры, используемые моделью, оптимизационный анализ результатов расчетов [10–12].

Кроме того, поскольку имитационное моделирование ведет к большим временным и ресурсным расходам, требуется использование высокопроизводительной вычислительной техники, доступ к которой со стороны пользователей должен быть удобным и гибким. Сервис-ориентированная парадигма программирования позволяет успешно реализовать такой доступ.

Следует отметь, что для эффективного проведения экспериментов с имитационными моделями в высокопроизводительной вычислительной среде должна быть составлена соответствующая методика выполнения исследований.

Представленные в статье технология и реализующая ее система спецификации и моделирования процессов функционирования СМО в полной мере учитывают вышеупомянутые требования. Новая методика выполнения исследований базируется на совместном и согласованном использовании методов автоматизации конструирования и применения имитационных моделей на языке GPSS на основе парадигм концептуального, модульного, каркасного и сервис-ориентированного программирования, инженерии знаний, высокопроизводительных вычислений и мультиагентных систем, а также методов анализа экспериментальных данных на основе дискретной многокритериальной оптимизации.

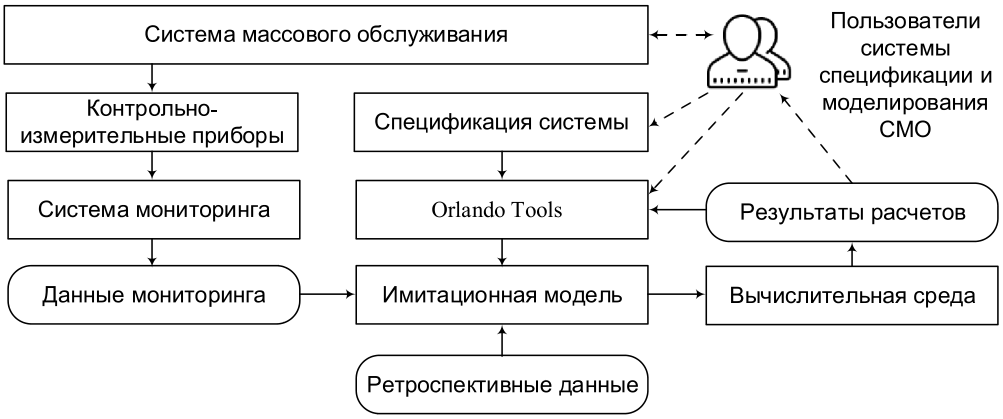
Цифровой двойник исследуемой СМО (прототип системы) базируется на имитационном моделировании процессов ее работы по совокупности ретроспективных и текущих данных. Цифровые двойники будут использоваться для разработки и отладки новых стратегий управления СМО на основе оптимизационного анализа результатов многовариантных расчетов. Реализация агентного моделирования в процессе исследования реальной системы (например, турбазы или пункта проката) позволит осуществлять верификацию и валидацию имитационной модели путем полунатурного моделирования.

В рамках агентного моделирования субъекты, связанные с обеспечением эксплуатации объекта и потреблением предоставляемых им ресурсов и услуг, делегируют агентам свои права и обязанности. Субъекты могут задавать критерии эффективности функционирования объекта, которые в общем случае могут быть противоречивыми (например, экологические и экономические показатели используемой природосберегающей технологии). Агентный подход позволит учитывать и на основе многокритериальной оптимизации согласовывать предпочтения субъектов, связанных с объектом, в процессе его моделирования.

Многовариантные расчеты будут выполняться в вычислительной среде, объединяющей выделенные и невыделенные ресурсы. Для управления выделенными (виртуализированными) ресурсами выбран программный комплекс OpenStack, обеспечивающий взаимодействие с различными гипервизорами (KVM, XEN, ESXi, QEMU и др.), а также с системами управления контейнерами (LXC, Docker и др.). В дополнение к этому комплексу создан новый менеджер виртуальных машин. Данный менеджер поддерживает возможность запуска заданий по выполнению виртуальных машин из общих очередей СУПЗ (например, PBS, SLURM или SGE) на невыделенных ресурсах суперкомпьютеров ЦКП. Виртуальные машины, запущенные на выделенных и невыделенных ресурсах для прогона экземпляров модели в параллельном режиме, будут подключаться к единой виртуализированной среде, организованной на основе технологии Virtual Private Network (VPN).

Конструирование модели, подготовка и проведение крупномасштабных экспериментов осуществляются с помощью специализированного инструментального комплекса Orlando Tools [13], предназначенного для разработки специального класса масштабируемых научных приложений (распределенных пакетов прикладных программ), к которому в целом относится система спецификации и моделирования процессов функционирования СМО (рисунок).

Исследователи конструируют имитационную модель с помощью Orlando Tools на основе спецификации системы. В процессе выполнения модели используются текущие данные мониторинга и ретроспективные данные о процессах работы системы и окружающей среде. Текущие данные предоставляются системой мониторинга, которая снимает их с контрольно-измерительного оборудования. Экземпляры модели параллельно выполняются в вычислительной среде. Оптимизационный анализ результатов расчетов выполняется средствами Orlando Tools.



Архитектура системы спецификации и моделирования СМО

Элементарные функциональные возможности цифровых двойников и агентов будут представлены в виде микросервисов. Такой подход позволит организовать взаимодействие между вышеупомянутыми виртуальными сущностями на базе эффективных сетевых протоколов и упростит процессы добавления новых и модификацию существующих двойников и агентов. Конечные пользователи Orlando Tools разных категорий (разработчики программного обеспечения, администраторы информационно-вычислительных ресурсов, эксперты по принятию решений по оптимизации функционирования инфраструктурных объектов на основе результатов их моделирования и другие лица) будут обеспечены веб-ориентированным интерфейсом для доступа к разработанным средствам, а также необходимой экспертной поддержкой в процессе подготовки и проведения экспериментов.

Система спецификации и моделирования СМО будет применена для исследования инфраструктурных объектов Байкальской природной территории, использующих природосберегающие технологии. Оптимизационная постановка задачи в рамках такого исследования приведена ниже.

Пусть $x = (x_1, x_2,\ldots, x_k)$ – это вектор экономических показателей потребления ресурсов (электропотребления, теплоснабжения, потребления воды и т.п.) в процессе эксплуатации инфраструктурного объекта за период времени τ. Состояние технических устройств (водяных и тепловых насосов, бойлеров, кондиционеров и др.), используемых объектом, представлено вектором $b = (b_1, b_2,\ldots, b_l)$ булевых переменных. Элемент $b_i = 0$ ($b_i = 1$) означает, что i-е устройство выключено (включено), $i \in \overline{1,l}$.

Характеристики устройств представлены множеством параметров $C = \{c_1, c_2,\ldots, c_h\}$. На множестве C определено множество операций $F = \{f_1, f_2,\ldots, f_w\}$. Операция $f_i \in F$ обеспечивает расчет необходимых целевых параметров из C по начальным данным, так же представленных параметрами из C.

Выделим в множестве C подмножества параметров, отражающих эксплуатационные показатели и управляющие параметры объекта. Эти подмножества параметров представим векторами $q = (q_1, q_2,\ldots, q_p)$ и $u = (u_1, u_2,\ldots, u_r)$.

Текущие природно-климатические показатели окружающей среды объекта отражены вещественной матрицей A размерности $m \times n$. Элемент матрицы a_{ij} содержит значение i-го природно-климатического показателя в j-й час периода τ. Ретроспективные природно-климатические показатели окружающей среды аналогично представлены вещественной матрицей R такой же размерности.

Запишем целевую функцию в следующем виде:

$$y(x, \tau, A, R, b, v) = \sum_{i=1}^{n} x_i \to \min,$$

$$h_j(b) = 0,\ q_s \to \min(\max),$$

$$q_s^{\min} \le q_s \le q_s^{\max},\ s = \overline{1,p},$$

где $h_1(b)$, $h_2(b)$,…, $h_o(b)$ – это булевы функции, накладывающие ограничения на совместное использование технических устройств, $q_s \to \min(\max)$ – условие оптимальности s-го эксплуатационного показателя, $q_s^{\min}$ и $q_s^{\max}$ – его предельные значения, $v = (v_1, v_2,\ldots, v_z)$ – вектор входных параметров модели, $v_t \in C$, $t = \overline{1,z}$.

Сбор, унификацию, агрегирование, хранение и передачу данных о работе инфраструктурного объекта и природно-климатических условиях окружающей среды будет осуществлять специальная система метамониторинга информационно-вычислительных систем [13], адаптированная к обслуживанию объектов, данного вида.

Определение оптимальных значений эксплуатационных показателей (решение прямой задачи) осуществляется путем прогона экземпляров модели с разными вариантами ее входных параметров с последующим применением правил дискретного многокритериального выбора. Если оптимальному варианту эксплуатационных показателей соответствует несколько вариантов входных переменных модели, то выбор оптимального варианта (решение обратной задачи) производится с помощью тех же самых правил.

Управление инфраструктурным объектом заключается в регулировании его управляющих параметров, представленных вектором u, с помощью выбранного оптимального варианта значений входных параметров модели.

Заключение

В статье предложена технология, а также рассмотрены архитектура и принципы работы системы спецификации и моделирования процессов функционирования СМО. Среда для проведения расчетов построена на базе ресурсов ЦКП «Иркутский вычислительный центр СО РАН» [14]. Представленные методы и средства моделирования СМО будут применены в процессе исследования инфраструктурных объектов Байкальской природной территории, использующих природосберегающие технологии, с целью анализа эффективности сбора и утилизации отходов, работы систем канализации, энергоснабжения, теплоснабжения, природовостановления и других эксплуатационных процессов. Это в свою очередь позволит существенно улучшить экономические и экологические показатели функционирования исследуемых объектов.

Результаты исследований по проекту могут быть также использованы при разработке и исполнении законодательства по сохранению оз. Байкал и его экологическому оздоровлению в рамках социально-экономического развития Байкальской природной территории, включая повышение экономической эффективности инфраструктурных объектов и снижение негативного воздействия туристической деятельности на окружающую среду.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-47-380002-р_а.

Список литературы

1. Uhlemann T.H.-J., Lehmann C., Steinhilper R. The Digital Twin: Realizing the Cyber-Physical Production System for Industry 4.0. Procedia CIRP. 2017. Vol. 61. P. 335–340. DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.152.

2. Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., Sihn W. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51. № 11. P. 1016–1022. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.474.

3. Iafrate F. A Journey from Big Data to Smart Data. Proceedings of the Second International Conference on Digital Enterprise Design and Management. Springer, Cham, 2014. P. 25–33. DOI: 10.1007/978-3-319-04313-5_3.

4. Didenko N.I., Skripnuk D.F., Mirolyubova O.V. Big data and the global economy. Proceedings of the 2017 Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (ML SD). Moscow, Russia, 2017. P. 1–5. DOI: 10.1109/MLSD.2017.8109611.

5. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития. М.: ИНФРА-М, 2013. 448 с.

6. Vlasov S.A., Deviatkov V.V., Isaev F.V., Fedotov M.V. Imitational Studies with GPSS WORLD: New Capabilities. Automation and Remote Control. 2014. Vol. 75. № 2. P. 389–398. DOI: 10.1134/S0005117914020179.

7. Sulistio A. A Taxonomy of Computer-Based Simulations and Its Mapping to Parallel and Distributed Systems Simulation Tools. Software: Practice and Experience. 2004. Vol. 34. № 7. P. 653–673. DOI: 10.1002/spe.585.

8. Beloglazov A., Banerjee D., Hartman A., Buyya R. Improving Productivity in Design and Development of Information Technology (IT) Service Delivery Simulation Models. Journal of Service Research. 2015. Vol. 18. № 1. P. 75–89. DOI: 10.1177/1094670514541002.

9. Dias L.M.S., Vieira A.A.C., Pereira G.A.B., Oliveira J.A. Discrete simulation software ranking – A top list of the worldwide most popular and used tools. Proceedings of the Winter Simulation Conference (WSC). IEEE, 2016. P. 1060–1071. DOI: 10.1109/WSC.2016.7822165.

10. Плотников А.М., Рыжиков Ю.И., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Анализ современного состояния и тенденции развития имитационного моделирования в российской федерации (по материалам конференций «имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД)) // Труды СПИИРАН. 2013. Т. 2. № 25. С. 42–112. DOI: 10.15622/sp.25.3.

11. Eldabi T., Balaban M., Brailsford S., Mustafee M., Nance R.E., Onggo B.S., Sargent R.G. Hybrid simulation: historical lessons, present challenges and futures. Proceedings of the Winter Simulation Conference (WSC). IEEE, 2016. P. 1388–1403. DOI: 10.1109/WSC.2016.7822192.

12. Петров А.В. Имитация как основа технологии цифровых двойников // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10 (141). С. 56–66. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-10-56-66.

13. Феоктистов А.Г., Горский С.А., Сидоров И.А., Костромин Р.О., Фереферов Е.С., Бычков И.В. Непрерывная интеграция функционального наполнения распределенных пакетов прикладных программ в Orlando Tools // Труды Института системного программирования РАН. 2019. Т. 31. № 2. С. 83–96. DOI: 10.15514/ISPRAS-2019-31(2)-7.

14. ЦКП Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН [Электронный ресурс]. URL: http://hpc.icc.ru/ (дата обращения: 11.01.2020).

СТАТЬИ

УДК 37.035.6

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ МОЛОДЕЖИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ С КАЗАЧЬИМ КОМПОНЕНТОМ

Байгуллов Р.Н., Лаврушина Е.Е., Коробова Г.М., Лобачева Т.П., Левина Н.Н., Ильмушкин А.Г.

Поволжский казачий институт управления и пищевых технологий (филиал) «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», Димитровград, e-mail: gera1946@yandex.ru

В работе раскрывается сущностно-содержательная характеристика патриотического воспитания обучающихся в образовательном пространстве с казачьим компонентом. Приводится сопоставительный анализ различных толкований содержания понятия «педагогические условия». В условиях подготовки специалистов в образовательном пространстве с казачьим компонентом выявляются специфические её особенности в контексте патриотического воспитания обучающихся, которые отражаются на определении педагогических условий обеспечения эффективности их патриотического воспитания. Выявлены и раскрыты сущность и содержание педагогических условий обеспечения эффективности патриотического воспитания с учетом специфики патриотического воспитания в данном образовательном пространстве: качество педагогического коллектива; гуманистическая направленность учебно-воспитательного процесса; поэтапность формирования личностных качеств в ходе учебно-воспитательного процесса; реализация инновационных технологий воспитания; создание физкультурно-оздоровительной среды в образовательном пространстве с казачьим компонентом; материально-техническое обеспечение для физического воспитания и подготовки к службе в рядах Вооруженных сил; создание педагогического коллектива с привлечением кадровых офицеров. В процессе исследования реализованы системный, компетентностный, деятельностный, междисциплинарный и личностный подходы. Результаты исследований позволяют глубинно переосмыслить, понять и оценить воспитательные возможности образовательного пространства с казачьим компонентом и открывают потенциальные возможности для дальнейшего изучения патриотического воспитательного потенциала в данном образовательном пространстве.

Ключевые слова: патриотическое воспитание, методологические подходы, педагогические условия, принципы, казачий компонент, образовательное пространство

ORGANIZATIONAL AND PEDAGOGICAL CONDITIONS OF PATRIOTIC EDUCATION OF YOUTH IN THE EDUCATIONAL SPACE WITH COSSACK COMPONENT

Baygullov R.N., Lavrushina E.E., Korobova G.M., Lobacheva T.P., Levina N.N., Ilmushkin A.G.

Volga Cossack Institute of Management and Food Technologies (branch) «Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University)», Dimitrovgrad, e-mail: gera1946@yandex.ru

The paper reveals the essential content of the patriotic education of students in the educational space with the Cossack component. A comparative analysis of various interpretations of the content of the concept of «pedagogical conditions.» In conditions of training specialists in the educational space with a Cossack component, its specific features are revealed in the context of patriotic education of students, which are reflected in the definition of pedagogical conditions for ensuring the effectiveness of their patriotic education. The essence and content of pedagogical conditions for ensuring the effectiveness of patriotic education, taking into account the specifics of patriotic education in this educational space, are revealed and disclosed: the quality of the teaching staff; the humanistic orientation of the educational process; gradual formation of personal qualities during the educational process; implementation of innovative parenting technologies; the creation of a fitness environment in the educational space with a Cossack component; logistical support for physical education and preparation for service in the ranks of the armed forces; creation of a teaching staff with the involvement of staff officers. In the process of research, systemic, competency-based, activity-based, interdisciplinary and personal approaches are implemented. The research results allow us to deeply rethink, understand and evaluate the educational opportunities of the educational space with the Cossack component and open up potential opportunities for further study of the patriotic educational potential in this educational space.

Keywords: patriotic education, methodological approaches, pedagogical conditions, principles, Cossack component, educational space

Проблематикой патриотического воспитания занимались многие исследователи, такие как В.В. Белорусова, Н.К. Гончаров, Н.И. Губанов, Н.П. Егоров, Г.М. Ильмушкин, А.В. Михайлов, С.Д. Поляков, Д.Н. Щербаков, Г.И. Щукина и другие. Различные аспекты патриотического воспитания молодежи в контексте образовательной политики рассматривались в работах [1–3].

«Патриотизм – это любовь к Родине, служение Родине» [4]. Вне сомнения, воспитание патриотизма начинается со школы

и главным образом с круга общения в семейной среде. Тем самым семья и школа в воспитании патриотизма обязаны взаимодействовать в едином русле, что представляет непростую социальную проблему. В дальнейшем решение этой сложнейшей проблемы позволит успешно реализовать патриотическое воспитание личности на следующих этапах, в частности в процессе обучения в учреждениях СПО и ВО. Это предполагает непрерывное воспитание патриотизма, опираясь на возрастные и психологические особенности личности.

В этих условиях приобретает особую актуальность выявление и создание организационно-педагогических условий обеспечения системы патриотического воспитания учащейся молодежи в образовательном пространстве с казачьим компонентом, поскольку казачий компонент обладает огромным воспитательным потенциалом.

Любая педагогическая система может функционировать только при создании определенной совокупности педагогических условий. В свою очередь, педагогические условия означают в нашем понимании «совокупность средств, мер и обстоятельств образовательного процесса, которые способствуют развитию профессиональной компетентности студентов» [5, с. 87].

Так, например, в своих исследованиях Н.В. Ипполитова [6] изучает педагогические условия с точки зрения педагогической системы, то есть, как её компонент, отражающий совокупность внутренних и внешних элементов.

Все существующие трактовки педагогических условий не противоречат друг к другу, а лишь дополняют, обогащают и наполняют новым глубинным смыслом и содержанием.

Однако в условиях инженерной подготовки специалистов в образовательном пространстве с казачьим компонентом выявляются свои специфические особенности в контексте патриотического воспитания обучающихся, которые существенно отражаются на определении педагогических условий обеспечения эффективности их патриотического воспитания. Безусловно, становится актуальной проблема выявления и теоретического обоснования совокупности педагогических условий, обеспечивающих успешность патриотического воспитания в условиях образовательной среды с казачьим компонентом.

Цель исследования состоит в выявлении и теоретическом обосновании организационно-педагогических условий патриотического воспитания обучающихся в данном образовательном пространстве, реализация которых призвана обеспечить успешность воспитания патриотизма.

В соответствии с поставленной целью поставлены следующие задачи:

1. Определить теоретико-методологические основы реализованного исследования.
2. Обосновать принципы патриотического воспитания в образовательном пространстве с казачьим компонентом.
3. Выявить организационно-педагогические условия патриотического воспитания в образовательном пространстве с казачьим компонентом.
4. Сформулировать содержательные выводы и рекомендации по воспитанию патриотизма в условиях данного образовательного пространства.

Материалы и методы исследования

Теоретико-методологическая основа проводимого исследования базируется на таких подходах, как системный, деятельностный, междисциплинарный, компетентностный и личностный, которые обеспечили целостный и системный анализ педагогических явлений в ходе обоснования организационно-педагогических условий. В частности, *системный подход* в воспитании достаточно широко реализован авторами [7–9]. В свою очередь, деятельностный подход обеспечивает наиболее полное раскрытие психолого-педагогических условий и механизмов процесса патриотического воспитания, его структурно-функциональных составляющих посредством определенных адекватных воспитательных действий на образовательную среду.

Результаты исследования и их обсуждение

Эффективность воспитания патриотизма у учащейся молодежи главным образом достигается единством учебной и воспитательной деятельности. Образовательный процесс помимо формирования определенных компетенций обучающихся должен обеспечить патриотическое воспитание обучающихся в условиях образовательного пространства с казачьим компонентом. Исключительное значение в условиях кадетской подготовки имеет ношение кадетской специальной формы одежды и соблюдение уставных норм, что способствует формированию прилежного отношения к внешнему виду, уважительного отношения к военной форме, обмундированию и всевозможной амуниции. В дальнейшем это пригодится в процессе службы в Российской армии. С другой стороны, ношение военной формы дисциплинирует и придает яркий внешний вид перед сверстниками, что очень важно

в подростковом возрасте в формировании идентичности личности.

Особо хотелось бы выделить особую важность в патриотическом воспитании учащихся проведения офицерами-наставниками специальной военной подготовки. Здесь происходит активное формирование личностных качеств, таких как смелость, настойчивость, товарищеская выручка, находчивость, ответственность, чувство коллективизма, гордость за свой коллектив, взаимоуважение и т.д.

При реализации обозначенных задач воспитания мы опираемся на исходные положения, которые определяют общую стратегию воспитательной деятельности педагогов в совместной деятельности с учащимися, то есть на принципы [10, с. 48–49].

Выделены принципы, посредством которых происходит патриотическое воспитание в обозначенной образовательной среде: развивающего и воспитывающего обучения; интегративности; профессиональной направленности; систематичности и системности; профессиональной ориентации; гуманизации образования; единство обучения и воспитания; воспитание в коллективе и через коллектив.

Таким образом, принципы определяют смысл и содержание патриотического воспитания молодежи, обеспечивающие его оптимальный выбор воспитательных средств.

Посредством теоретического и экспериментального изучения воспитательного потенциала данного образовательного пространства выявлен следующий комплекс педагогических условий:

1. Качество педагогического коллектива.
2. Гуманистическая направленность учебно-воспитательного процесса.
3. Поэтапность формирования личностных качеств в ходе учебно-воспитательного процесса.
4. Реализация инновационных технологий воспитания.
5. Создание физкультурно-оздоровительной среды в образовательном пространстве с казачьим компонентом.
6. Материально-техническое обеспечение для физического воспитания и подготовки к службе в рядах Вооруженных сил.
7. Создание педагогического коллектива с привлечением кадровых офицеров.

Именно вывяленными условиями проявляется взаимодействие педагога-воспитателя и учащегося в ходе кадетской целенаправленной подготовки и воспитания.

Охарактеризуем эти условия:

1. Качество педагогического коллектива в образовательном пространстве «Технический колледж – кадетский корпус», ибо от качества педагогического персонала во многом зависит использование в процессе обучения эффективных технологий обучения, создание среды обучения и воспитания, а также атмосферы творчества в преподавательском коллективе и в студенческой среде. В частности, проблемы патриотического воспитания в условиях учреждений ВО и СПО рассматривались в работах [11–12].

При этом необходимо организовать систематическое повышение квалификации всего преподавательского состава. Система повышения квалификации преподавателей осуществляется через факультеты повышения квалификации при ведущих вузах страны, посредством аспирантуры и соискательства, а также применения других форм. Как нам представляется, существенное значение в повышении квалификации преподавательского состава имеет активное участие в различных научно-методических и практических конференциях, проводимых в ведущих вузах, а также активная работа в постоянно функционирующих научно-методических и исследовательских семинарах. Именно здесь осуществляется процесс продуктивной педагогической коммуникации в плане обмена опытом педагогической и научно-методической, а также воспитательной деятельности. Безусловно, такой учебно-воспитательный ресурс следует действенно реализовать и активно распространять среди образовательных учреждений. Заслуживает особого внимания разработка учебно-методических пособий для преподавателей в области воспитания, чтобы педагоги могли целенаправленно, последовательно повысить свои знания в области воспитания. Естественно, рассмотрение всего комплекса возникающих проблем в области повышения квалификации преподавателей мы здесь не рассматриваем, поскольку это представляет многоплановый процесс и требует отдельного более пристального рассмотрения.

2. Гуманистическая направленность учебно-воспитательного процесса. В современном мире социум для успешной реализации собственных интересов должен по существу принять приоритет общечеловеческих ценностей. Многие из них остаются неизменными на многих этапах развития человеческой цивилизации. Например, состояние здоровья, любовь, образование, творчество и т.д. Эти ценности включают в себя гуманистическое начало, они достойно заняли свое место в процессе исторического развития человеческого общества. В тех государствах, которые теряют свои культурно-исторические ценности, обычаи,

традиции, самобытность, как правило, проявляется бездуховность, безразличие и различные негативные социальные явления.

В этой связи основу кадетского воспитания в образовательном пространстве «Технический колледж – кадетский корпус» положена гуманистическая направленность, ибо она является системообразующим принципом эффективного профессионального становления и воспитания.

3. Поэтапность формирования личностных качеств в ходе учебно-воспитательного процесса. Практика воспитательной деятельности в образовательном пространстве «Технический колледж – кадетский корпус» убеждает нас, что целесообразно осуществлять формирование воспитанности обучающихся поэтапно. Безусловно, в процессе непрерывного воспитания возможны изменения в подходах к данному процессу по мере перехода от одного этапа образовательной деятельности к последующему. С учётом вышеизложенного и специфики воспитания в условиях кадетского корпуса нами выделены три этапа непрерывного воспитания: *начальный, промежуточный* и *завершающий* этапы.

Начальный этап занимает 1-й год обучения, *промежуточный* – 2-й год обучения, *завершающий* – 3-й год обучения. Нами предусматривается комплексное формирование составляющих по всем критериям на каждом этапе. В то же время определенные составляющие будут главенствующими на каком-то этапе, другая часть не будет активизирована, при этом новые будут развиваться и формироваться посредством остальных. В таком диалектическом единстве поэтапно будет происходить формирование составляющих воспитанности.

4. Реализация инновационных технологий воспитания. Использование соответствующих технологий воспитания обусловлено этапами воспитания. Поэтому данный аспект будем рассматривать в контексте выделенных этапов воспитания. Это позволяет им приобрести определенные навыки общения, культуры межличностной коммуникации, что способно обеспечивать развитие в формате поведенческих составляющих, что в итоге обеспечит целостное формирование личностных качеств.

Однако в процессе обучения на *начальном* этапе основополагающую роль играют естественнонаучные дисциплины, поэтому пристальное внимание обращается на усвоение знаний в этой области. Данное обстоятельство следует умело использовать в аспекте воспитательного эффекта этих дисциплин, поскольку они в этом отношении содержат огромный воспитательный потенциал на данном этапе образовательной деятельности. Имеет место необходимость применения методики проблемного обучения. Данный метод представляет собой активное взаимодействие преподавателя и студентов посредством создания проблемной ситуации, выявляются условия творчества обучающихся, что оказывает огромное воспитательное воздействие на них. Причем средством управления мыслительными процессами студентов являются проблемные и информационные вопросы. Большинство обучающихся на этом этапе в процессе обучения гуманитарным дисциплинам сталкиваются с неким барьером в общении из-за недостаточного уровня развития речевой коммуникации. Здесь видится выход один: быстрого успеха в преодолении данного барьера можно достичь посредством максимальной реализации речевого общения в условиях обучения естественнонаучным дисциплинам и параллельно развиваясь в предметной области гуманитарных дисциплин, что, безусловно, придаст учебному процессу воспитательную направленность. При таком интегративном подходе происходит взаимообогащение студентов новым смыслом и ценностным содержанием в процессе изучения дисциплин различного блока. Как показывает педагогическая действительность, на данном этапе целесообразно преимущественное использование уровневой дифференциации обучения в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин, так как способствует более быстрой адаптации обучающихся в условиях кадетской подготовки.

На *промежуточном* этапе формирование составляющих по обозначенным критериям происходит посредством изучения специальных и гуманитарных дисциплин, выполнения исследовательских работ. Это, в свою очередь, обусловливает специфические особенности в организации воспитательной деятельности на промежуточном этапе. Именно в ходе участия в обозначенных мероприятиях (в процессе дискуссий, выступлений докладчиков и т.д.) происходит активное коммуникативное взаимодействие студентов, студентов и преподавателей. На этом этапе целесообразны организация и проведение дискуссий, диспутов, деловых игр, различных тренингов. Хотя эти средства мы использовали в определенной мере и на первом этапе, однако их применение на промежуточном этапе отличается новым ценностно-смысловым содержанием.

Таким образом, данный этап является, безусловно, определяющим в процессе воспитания, поскольку происходит активное развитие основных критериальных составляющих.

На *завершающем* этапе доминирующую роль в воспитании играет процесс профессиональной готовности по избранной профессии. Данный этап по смысловому содержанию представляет собой сложный этап, требует от обучающихся вложения больших усилий. Должен проявить такие личностные качества, как ответственность, целеустремленность, работоспособность, трудолюбие, стремление к общественной деятельности. Тем самым выявляется воспитанность. На всех этапах воспитание вне ситуации общения становится неэффективным, поскольку в этих условиях снижается мотивация учения вследствие отсутствия активного речевого взаимодействия.

Именно посредством продуктивной речевой коммуникации можно всесторонне обсудить предмет обсуждения, создавая благоприятную ситуацию общения, в которой большинство из студентов принимает деятельное участие в ходе рассмотрения сущности изучаемого понятия, явления, процесса и т.д. Поэтому воспитатель-наставник должен создавать ситуацию межличностной коммуникации и успешно её применять в воспитательной деятельности.

5. Создание физкультурно-оздоровительной среды в образовательном пространстве с казачьим компонентом. В образовательном пространстве «Технический колледж – кадетский корпус» для организации здорового образа жизни учащихся имеются благоприятные возможности, которые основаны на развитии физкультуры, спорта и военно-прикладных видов спорта. Безусловно, это окажет своё позитивное влияние на гражданско-патриотическое воспитание обучающихся, укрепление физического состояния здоровья и готовность к службе в рядах вооруженных сил.

6. Материально-техническое обеспечение для физического воспитания и подготовкой к службе в рядах Вооруженных сил. Данное условие необходимо для эффективной реализации патриотического воспитания в условиях образовательного пространства «Технический колледж – кадетский корпус», поскольку вне создания обозначенных условий невозможно благополучное существование кадетского корпуса. В частности, вне нормального финансового обеспечения трудно развивать базу отдыха, действенно организовать физическое воспитание, военную подготовку, обеспечить учащихся кадетским обмундированием и всевозможной амуницией. Самое главное, затруднит организовать эффективно гражданско-патриотическое воспитание молодежи.

7. Создание педагогического коллектива с привлечением кадровых офицеров. Обозначенное условие необходимо для проведения военной подготовки. В частности, строевая подготовка, приобретение навыков стрельбы, четкое метание гранаты и т.д. Реализация обозначенных педагогических условий способна обеспечить высокую профессиональную готовность выпускников СПО посредством кадетской подготовки, а также подготовку к службе в рядах Вооруженных сил РФ.

Выводы

Практика учебно-воспитательной деятельности показывает эффективность реализации выявленных организационно-педагогических условий патриотического воспитания в образовательном пространстве с казачьим компонентом, поскольку в нём заложен огромный воспитательный потенциал для этого. Результаты исследований позволяют глубинно переосмыслить и оценить воспитательные возможности образовательного пространства с казачьим компонентом и открывают потенциальные возможности для дальнейшего изучения патриотического воспитательного потенциала в условиях рассматриваемого образовательного пространства.

Список литературы

1. Ильмушкин Г.М., Дедюев С.А. Современные проблемы образования детей-сирот в образовательном пространстве «Профессиональное училище – кадетский корпус» // Молодой ученый. 2011. Т. 2. № 7(30). С. 100–103.

2. Салихова Р.М. Развитие гражданского воспитания в России (историко-педагогический аспект) // Грамота. № 9 (35): в 2-х ч. Ч. 1. 2013. С. 153–156.

3. Болотина Т.В., Новикова Т.Г. Тенденции развития гражданско-патриотического образования в РФ // Методист. 2012. № 1. С. 3–9.

4. Воронцов С.А., Понеделков А.В., Вилков А.А. Патриотизм как базовая ценность российского государственного управления // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2015. № 3. С. 70–74.

5. Врублевская Е.С. Индивидуализация содержания самостоятельной работы студентов как фактор развития их профессиональной компетентности: дис. ... канд. пед. наук. Челябинск, 2002. 185 с.

6. Ипполитова Н.В. Теория и практика подготовки будущих учителей к патриотическому воспитанию учащихся: дис. … докт. пед. наук. Челябинск, 2000. 383 с.

7. Байгуллов Р.Н. Моделирование профессиональной направленности старшеклассников сельских общеобразовательных школ // Вестник Орловского государственного университета. 2011. № 5 (19). С. 389–391.

8. Ильмушкин Г.М. Моделирование системы воспитания патриотизма у студентов в образовательном пространстве вуза с казачьим компонентом // Самарский научный вестник. 2016. № 4 (17). С. 184–191.

9. Шульженко М.Э. Патриотическое воспитание современной молодежи // Молодой ученый. 2017. № 47. С. 240–243.

10. Борытко Н.М. Профессиональное воспитание студентов вуза: учебно-методическое пособие. Волгоград: Изд-во ВГИПК ПРО, 2004. 119 с.

11. Ильмушкин Г.М. Воспитание патриотизма у студентов вуза с казачьим компонентом // Вестник мировой науки. Серия: Психология. 2016. № 1. С. 4–12.

12. Шлыков А.В. Патриотизм и патриотическое воспитание в вузе // Молодой ученый. 2012. № 8. С. 386–388.

УДК 37.015.3

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МЛАДШЕМ ШКОЛЬНОМ ВОЗРАСТЕ

Баркунова О.В., Седова С.С.

Шуйский филиал ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Шуя, e-mail: Oksa_315@mail.ru

Статья посвящена актуальной теме формирования учебной деятельности детей младшего школьного возраста. Теоретический анализ литературы по проблеме исследования позволил авторам выделить педагогические и психологические условия сопровождения формирования учебной деятельности младших школьников: внедрение научно обоснованной программы психолого-педагогической работы по формированию учебной деятельности младших школьников; включение в процесс сопровождения учебной деятельности младших школьников и активизация участия всех субъектов образовательной деятельности (учащиеся и их родители, педагоги, психолог); повышение компетентности педагогов и родителей в психолого-педагогических вопросах формирования компонентов учебной деятельности в младшем школьном возрасте. По результатам диагностического обследования выявлены уровни (низкий, средний и высокий) и основные трудности в учебной деятельности младших школьников: очень низкий и низкий уровень школьной мотивации, отрицательное отношение к школе; ситуативный учебный интерес; отсутствие учебных действий как целостных единиц деятельности; контроль на уровне непроизвольного внимания; неадекватная ретроспективная оценка. Раскрываются результаты осуществления программы психолого-педагогического сопровождения формирования учебной деятельности младших школьников по направлениям: диагностическое; просветительское; профилактическое; консультативное; коррекционно-развивающее. Расчеты U-критерия Манна – Уитни показали значимость положительных изменений в учебной деятельности младших школьников.

Ключевые слова: учебная деятельность, младший школьный возраст, психолого-педагогическое сопровождение

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR SUPPORTING FORMATION OF EDUCATIONAL ACTIVITY AT YOUNGER SCHOOL AGE

Barkunova O.V., Sedova S.S.

Shuya Brach of Ivanovo State University, Shuya, e-mail: Oksa_315@mail.ru

The article is devoted to the current topic of formation of educational activities of children of primary school age. Theoretical analysis of literature relevant to the research allowed the authors to highlight pedagogical and psychological conditions to support the formation of educational activities of junior schoolchildren: introduction of a scientific-based program of psychological and pedagogical work on the formation of educational activities of junior schoolchildren; Inclusion in the process of support of educational activity of younger schoolchildren and activation of participation of all subjects of educational activity (students and their parents, teachers, psychologist); Increasing the competence of teachers and parents in psycho-pedagogical issues of formation of components of educational activity in junior school age. The results of the diagnostic examination revealed levels (low, medium and high) and the main difficulties in the educational activities of younger schoolchildren: a very low and a low level of school motivation, negative attitude towards school; situational educational interest; Lack of training activities as integral units of activity; Monitoring at the level of involuntary attention; inadequate retrospective assessment. The results of implementation of the program of psychological and pedagogical support of formation of educational activity of junior schoolchildren in the directions: diagnostic; educational; preventive; advisory; correctional developing. Mann-Whitney U-criterion calculations showed the significance of positive changes in the educational activities of younger schoolchildren.

Keywords: educational activity, younger school age, psychology and pedagogical maintenance

В период обучения в начальной школе у детей младшего школьного возраста формируются важные психические новообразования, происходит становление учебной деятельности, в том числе учебной мотивации и базовых учебных умений, это происходит под целенаправленным педагогическим воздействием. В этот период ребенок младшего школьного возраста переживает психологическую перестройку, которая требует от него умственного напряжения и физической выносливости.

Развиваясь как субъект учебной деятельности, младший школьник сталкивается с множеством трудностей, которые относятся к сфере познавательного и личностного развития, отношений со сверстниками и взрослыми (педагогами, родителями). Одновременно взрослым важно учитывать психические новообразования, которые происходят с ребенком этого возраста, оказывать ему поддержку. Именно поэтому формирование учебной деятельности у младшего школьника является предметом пристального внимания в деятельности педагога-психолога и педагогов начальной школы.

Цель исследования: определение эффективных психолого-педагогических ус-

ловий сопровождения формирования учебной деятельности младших школьников, их обоснование и апробация.

Материалы и методы исследования

Проанализировав научную литературу, мы рассмотрели понятия «деятельность» и «учебная деятельность», а также их компоненты.

Термин «деятельность» определяется:

– в работах Т.А. Власовой, А.И. Дьячкова, С.Л. Рубинштейна и других как «совокупность действий человека, выполняющих определенную функцию и направленных на удовлетворение его материальных и духовных потребностей»;

– в трудах А.В. Запорожца, В.П. Зинченко, Б.П. Ломова она представлена «как активное взаимодействие субъекта с окружающей действительностью»;

– по А.И. Леонтьеву – как «процесс, побуждаемый мотивом, в основе которого находится определенная потребность человека»;

– по мнению В.А. Крутецкого, А.В. Петровского, «как активность, регулируемая осознанной целью и направленная на достижение цели».

Неоднозначно в работах ученых (Д.Б. Эльконин, В.В. Давыдов, С.Л. Рубинштейн и др.) определено понятие «учебная деятельность». В широком понимании оно рассматривается как синоним научения, в узком смысле как ведущий тип деятельности детей младшего школьного возраста. По мнению исследователей, «учебная деятельность» имеет деятельный смысл и характеризуется особым отношением личности ученика к предмету обучения в период школьной жизни.

Изучению структуры учебной деятельности и ее компонентов ученые в психолого-педагогических исследованиях уделяют достаточное внимание. Ведущим является мнение Д.Б. Эльконина. Автор рассматривает учебную деятельность как взаимосвязь следующих компонентов: учебно-познавательных мотивов, учебных задач и операций, действий по контролю за процессом и результатом усвоения и по оценке степени усвоения [1; 2].

Сущность учебной деятельности заключается в том, что под руководством учителя ребенок начинает пользоваться научными понятиями, приобретает знания, при этом обогащается и «перестраивается» личность ребенка. В результате учебной деятельности усваиваются новые категории, происходит развитие и изменение самого ученика, ребенок приобретает новые способности и способы действия с научными понятиями.

По мнению большинства ученых-психологов, учебная деятельность как ведущая деятельностью детей младшего школьного возраста не дается ребенку в готовом виде.

Младший школьник в процессе освоения учебной деятельности проходит ряд этапов в своем развитии, сначала осваивает предметную, потом игровую и манипуляционную деятельность, и только затем учебную, в которой ребенок не только усваивает знания, но и учится осваивать и реализовывать их самостоятельно.

Важной и безусловной задачей младшего школьного возраста является формирование учебной деятельности и ее компонентов. Учащийся начальной школы, осваивая учебные действия, ставит перед собой учебные задачи, усваивает знания, умения, контролирует и оценивает свои действия, находит способы реализации усвоенных знаний. Каждое учебное действие состоит из нескольких учебных операций, при правильном выполнении которых обеспечивается успешный результат деятельности детей [3; 4].

В исследованиях подчеркивается сложный по содержанию и структуре характер учебной деятельности, отсюда следует, что для ее формирования необходимо достаточно времени и ее становление подчиняется определенным принципам системной и целенаправленной работы под педагогическим руководством.

По новому стандарту начального общего образования системно-деятельностный подход является главным в обучении младших школьников. В условиях школьного обучения является необходимым пробудить у детей интерес к предмету и процессу обучения, а также развить у них навыки самообразования. Условиями для реализации системно-деятельностного подхода является отказ от репродуктивных методов и способов обучения. Основным становится задачный принцип построения предметного содержания. Школьники уже на уровне начального образования должны самостоятельно и инициативно совершать учебные действия в образовательном процессе, широко используя различные средства для решения учебных и учебно-практических задач, ориентируясь на различные коллективные формы взаимодействия детей и педагогов как в урочной, так и во внеурочной деятельности. Для выполнения этих требований необходимо создание и обеспечение комфортных условий для всех участников образовательного процесса, включающих психолого-педагогические условия, содержание которых отражено в следующих положениях: необходимости учета инди-

видуальных возрастных, психологических особенностей обучающихся (включая одаренных детей и детей с ограниченными возможностями здоровья), для определения целей образования; осуществление индивидуально ориентированной психолого-педагогической помощи детям, испытывающим трудности в освоении образовательной программы; формирование психологической культуры обучающихся; охрану и сохранение их психологического здоровья.

Психолого-педагогическая работа по формированию учебной деятельности младшего школьника осуществляется в процессе сопровождения. Необходимыми условиями данного процесса становятся: соблюдение принципов системности и комплексности, учета интересов ребенка и особенностей его развития; коррекционно-развивающая направленность всего образовательного процесса и применение современных образовательных технологий; создание в образовательной организации комфортного социально-психологического климата; включение в сопровождение всех субъектов образовательного процесса.

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения уровня сформированности учебной деятельности младших школьников нами использован комплекс методов и методик, направленный на изучение компонентов учебной деятельности: учебной мотивации (познавательные мотивы), учебных действий (умения внимательно слушать и точно выполнять простейшие указания взрослого, правильно воспроизводить на листе бумаги заданное направление линии, умения руководствоваться системой условий задачи), действий контроля и оценки.

Мы использовали: методику диагностики учебной мотивации (опросник Н.Г. Лускановой); методику диагностики сформированности компонентов учебной деятельности А.Л. Венгера; методику оценки уровня сформированности учебной деятельности (авторы Г.В. Репкина, Е.В. Заика); методику «Беседа о школе» (модифицированный вариант Т.А. Нежновой, Д.Б. Эльконина, А.Л. Венгера).

В выборочную совокупность в исследовании вошли младшие школьники в возрасте 8–9 лет, в количестве 60 человек, которые были распределены на экспериментальную (n = 30) и контрольную группу (n = 30 человек). По результатам диагностики мы выявили:

– высокий уровень сформированности компонентов учебной деятельности в экспериментальной группе присутствует у 7 чел. (23,3%), в контрольной группе – у 9 чел. (30%);

– средний уровень в экспериментальной группе имеют 10 чел. – 33,4%, в контрольной группе – 7 чел. – 23,3%;

– низкий уровень – в экспериментальной группе присутствует у 13 чел. – 43,3%, в контрольной группе – у 14 чел. – 46,7%. На таких детей необходимо особо обратить внимание, так как им свойственно иметь трудности в освоении компонентов учебной деятельности, проблемы в общении с одноклассниками, во взаимоотношениях с учителем, отрицательное либо нейтральное отношение к школе, низкий уровень учебной мотивации и учебно-познавательных интересов.

Таким образом, нами выявлены следующие проблемы формирования учебной деятельности младших школьников: преобладающим являются очень низкий и низкий уровень школьной мотивации, отрицательное отношение к школе; у большинства испытуемых наблюдается ситуативный учебный интерес. Изучение компонентов учебной деятельности дало следующие результаты: у респондентов отсутствует учебно-познавательный интерес или он носит ситуативный характер; отсутствует цель и отсутствие учебных действий как целостных единиц деятельности; ведущим является выполнение учебных действий в сотрудничестве с учителем; отсутствует контроль и контроль на уровне непроизвольного внимания; также отсутствие оценки и неадекватная ретроспективная оценка.

При расчете U-критерия Манна – Уитни, мы получили $U_{Эмп} = 416$, что означает отсутствие статистически значимых различий в сравниваемом признаке между контрольной и экспериментальной группами.

На следующем этапе исследования нами составлена и апробирована программа психолого-педагогического сопровождения формирования учебной деятельности младших школьников, направленная на: создание благоприятных психолого-педагогических условий, способствующих максимальному формированию компонентов учебной деятельности младших школьников.

В основу разработки программы положен опыт, представленный в работах – А.К. Марковой, М.В. Матюхиной, Р.В. Овчаровой, Е.И. Рогова.

Система психолого-педагогической работы по формированию компонентов учебной деятельности младших школьников опирается на принципы: приоритета интересов ребенка; системности, целостности; учета объективных и субъективных факто-

ров в формировании компонентов учебной деятельности младшего школьника; принцип непрерывности; принцип практической направленности; принцип активности ребенка в образовательном процессе; принцип позитивности [5].

Программа включает три взаимосвязанных блока, которые реализуются параллельно: работа с младшими школьниками; работа с педагогами и их родителями.

Направления психолого-педагогической деятельности, представленные в программе, являются традиционными: диагностика сформированности компонентов учебной деятельности; консультативная и информационная поддержка учащихся, родителей и педагогов, повышение психолого-педагогической компетентности участников сопровождения в решении задач учебной деятельности младших школьников; профилактика трудностей в освоении учащимися начальной школы компонентов учебной деятельности; коррекционная и развивающая работа, включающая занятия непосредственно направленные на формирование компонентов учебной деятельности (учебная мотивация, учебные действия, действия контроля и оценки).

В рамках первого блока деятельность была направлена на развитие познавательных психических процессов младший школьников и учебных умений, а также закрепление сформированных учебных умений. Кроме того, важное место занимала рефлексия нового уровня развития познавательных психических процессов и обучение приемам общения со сверстниками (в паре и в группе).

Регулярные занятия по формированию учебных умений и учебной мотивации для младших школьников являются необходимыми [6; 7].

При выполнении комплекса развивающих упражнений используется музыкальное сопровождение, наглядные методы, ребятам необходимо показывать каждое упражнение, хвалить детей за правильное его выполнение.

В ходе занятий мы старались способствовать познавательному психическому развитию ребенка. Проводимые занятия, направлены кроме развития познавательных процессов (внимание, память, мышление), на решение проблем в эмоционально-волевой сфере (развитие воли, эмпатии и др.), в сфере общения (формирование сплоченности класса, умений высказать свое мнение и адекватно реагировать на высказываемое мнение сверстника и др.). Занятия включают в себя разнообразные упражнения: развивающие, игровые, рисование и другие задания – в зависимости от поставленных целей. Все перечисленные занятия проводятся в групповой форме.

Отдельным параллельным блоком проходила работа с педагогами, которых мы приглашали принять участие в тренингах, посвященных развитию личностных качеств, которые являются необходимыми для эффективной работы с детьми, испытывающими трудности в освоении учебной деятельности. Одновременно было организовано взаимопосещение, наблюдение и анализ уроков, что позволило учителям поделиться опытом, обсудить наиболее успешные методики работы с младшими школьниками. По мере необходимости учителям оказывалась консультативная помощь, направленная на углублении их знаний по вопросам формирования отдельных компонентов учебной деятельности младших школьников.

Важной задачей стало установление благоприятных отношений между всеми участниками образовательного процесса, что позволило объединить усилия педагогов и родителей в формировании учебной деятельности младших школьников и создать условия для доверительного и открытого сотрудничества.

Работа с родителями включала проведение классных собраний, организацию открытых уроков и индивидуальную работу. Нами организованы родительские собрания на тему: «Ваш ребенок – первоклассник», на котором затрагивались вопросы организации учебного процесса в начальной школе, проблемы адаптации; «Учебная мотивация учащихся», при помощи которого нам удалось способствовать пополнению арсенала знаний родителей об учебной мотивации обучающихся; родительское собрание «Учебная мотивация или как помочь ребенку полюбить учебу?» было направлено на создание условий для формирования списка приемов формирующих мотивацию к обучению в семье, знакомство родителей с основными ошибками, которые способствуют понижению мотивации.

Важное место занимают индивидуальные консультации педагога-психолога и учителя начальной школы, родителей обучающихся и родителей школьников, испытывающих трудности в обучении.

Взаимосвязь учителя с родителями на уровне начального образования очень важна, так как родители заботятся о своих детях, создают им условия для успешного освоения учебной деятельности, стремятся помочь и поддержать своих детей.

Заключение

Проведя контрольное изучение сформированности учебной деятельности младших школьников, авторы выявили статистически значимые изменения в экспериментальной группе ($U_{Эмп}$ = 238), что говорит об успешной работе:

– высокий уровень сформированности компонентов учебной деятельности в экспериментальной группе присутствует у 17 чел – 56,7% (было у 7 чел – 23,3%), в контрольной группе стал у 10 чел. – 33,3% (был у 9 чел. – 30%);

– средний уровень в экспериментальной группе имеют 8 чел. – 26,6% (было у 10 чел. – 33,4%), в контрольной группе – у 9 чел. – 30% (было у 7 чел. – 23,3%);

– низкий уровень – в экспериментальной группе присутствует у 5 чел. – 16,7% (было у 13 чел. – 43,3%), в контрольной группе стало у 11 чел. – 36,7% (было у 14 чел. – 46,7%).

Таким образом, эффективными психолого-педагогическими условиями формирования учебной деятельности младших школьников являются:

– внедрение научно обоснованной программы психолого-педагогической работы по формированию учебной деятельности младших школьников;

– включение в процесс сопровождения учебной деятельности младших школьников и активизация участия всех субъектов образовательной деятельности (учащиеся и их родители, педагоги, психолог);

– повышение психолого-педагогической компетентности педагогов и родителей в вопросах формирования компонентов учебной деятельности младших школьников.

Эффективными методами работы по формированию учебной деятельности младших школьников являются: создание игровых ситуаций; дидактические игры; игровые и коммуникативные упражнения; психогимнастика и упражнения на релаксацию.

Список литературы

1. Савенков А.И. Педагогическая психология: учебник для бакалавров. 2-е изд.; перераб. и доп. М.: Юрайт, 2012. 659 с.

2. Давыдов В.В. Младший школьный возраст как особый период в жизни ребенка: содержание и структура учебной деятельности // Возрастная и педагогическая психология: хрестоматия: учебное пособие / Сост. И.В. Дубровина, А.М. Прихожан, В.В. Зацепин. М.: Академия, 1999. С. 56–59.

3. Гонина О.О. Психология младшего школьного возраста: учебное пособие. 2-е изд., стер. М.: Издательство «Флинта», 2015. 272 с.

4. Формирование учебной деятельности в начальной школе: учебное пособие для бакалавров / сост. Г.Р. Юсупова, Э.Ф. Исмагилова, Ф.А. Саглам; Институт экономики и др. Казань: Познание, 2014. 116 с.

5. Тюрина Н.Н., Баркунова О.В. Психолого-педагогическое сопровождение учебной деятельности младших школьников // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 3–1. С. 135–138.

6. Тютрина Ю.Н., Виноградова М.А. Формирование учебной деятельности в младшем школьном возрасте // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2017. Т. 3. № 4. С. 54–56.

7. Чупина В.Б., Гавриленко Л.С., Сердюк Т.И. Формирование у детей младшего школьного возраста отношения к учебной деятельности как к ценности // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 3–2. С. 424–427.

УДК 378.4

ПОДГОТОВКА МЕДИЦИНСКИХ КАДРОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Гоголев Н.М., Дмитриева С.М., Слепцова С.С., Бурцева Т.Е.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: gogrcemp@mail.ru

Подготовка медицинских кадров в России является одной из самых актуальных в свете реализации национального проекта «Здравоохранение» и ввиду перехода системы медицинского образования на новые стандарты обучения и непрерывное медицинское образование. Одной из непростых задач для медицинских вузов РФ становится подготовка врачей для работы в арктической зоне РФ, имеющей ряд характеристик: наличие малокомплектных лечебно-профилактических учреждений для обеспечения доступности медицинской помощи, высокая потребность населения в скорой медицинской, в том числе специализированной и санитарно-авиационной помощи, потребность в организации выездной формы оказания как первичной, так и специализированной медицинской помощи, высокий уровень госпитализации населения. Имеется реальная потребность в повышении качества медицинского образования. В статье показано повышение контрольных цифр приема студентов по специальностям медицинского и фармацевтического профиля, повышение числа студентов, заключивших договоры целевой подготовки, а также показана положительная динамика в распределении выпускников в районы Республики Саха (Якутия). Обозначена значимость закрепления медицинских кадров в северных регионах страны. Медицинский институт СВФУ осуществляет первичную, первичную специализированную и повторную аккредитацию специалистов. В статье представлена информация о ситуации по подготовке медицинских кадров в Арктической зоне России на примере Республики Саха (Якутия). Таким образом, в Медицинском институте созданы условия для достижения целевых показателей по федеральному проекту «Обеспечение медицинских организаций системы здравоохранения квалифицированными кадрами» Национального проекта «Здравоохранение».

Ключевые слова: врачи, медицинские сестры, медицинские кадры, подготовка, дефицит кадров, Арктика, Якутия

HEALTHCARE PERSONNEL TRAINING IN THE ARCTIC ZONES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Gogolev N.M., Dmitrieva S.M., Sleptsova S.S., Burtseva T.E.

M.K. Ammosov Northern-East Federal University, Yakutsk, e-mail: gogrcemp@mail.ru

Training of medical personnel in Russia is one of the most urgent in the light of the implementation of the national project «health Care» and in view of the transition of the medical education system to new standards of training and continuous medical education. One of the difficult tasks for the medical Universities of the Russian Federation – is training doctors to work in the Arctic zone of the Russian Federation has a number of characteristics: the presence of small medical institutions to ensure the availability of medical care, high population's need for emergency medical, including specialized and sanitary aviation care, the need to organize forms of providing both primary and specialized medical care, high level of hospitalization of the population. There is a real need to improve the quality of medical education. The article shows an increase in the control figures for admission of students in medical and pharmaceutical specialties, an increase in the number of students who have signed contracts for targeted training, and also shows a positive dynamic in the distribution of graduates to the regions of the Republic of Sakha (Yakutia). The importance of securing medical personnel in the Northern regions of the country is indicated. NEFU medical Institute provides primary, primary specialized and re-accreditation of specialists. The article presents information about the situation of training medical personnel in the Arctic zone of Russia on the example of the Republic of Sakha (Yakutia). Thus, the Medical Institute has created conditions for achieving the targets for the Federal project «Providing medical organizations of the health system with qualified personnel» of the National project «health Care».

Keywords: physicians, nurses, medical personnel, training, deficiency of medical staff, Arctic, Yakutia

Подготовка медицинских кадров в России является одной из самых актуальных задач ввиду перехода системы медицинского образования на новые стандарты обучения и непрерывное медицинское образование [1, 2]. Одной из непростых задач для медицинских вузов РФ становится подготовка врачей для работы в арктической зоне РФ. Поскольку в условиях арктической зоны система здравоохранения имеет ряд особенностей: наличие малокомплектных лечебно-профилактических учреждений для обеспечения доступности медицинской помощи, высокая потребность населения в скорой медицинской, в том числе специализированной и санитарно-авиационной помощи, потребность в организации выездной формы оказания как первичной, так и специализированной медицинской помощи, высокий уровень госпитализации населения. Имеется реальная потребность в повышении качества медицинского образования [3, 4]. В связи с этим на базе Медицинского института СВФУ создан полный цикл повышения уровня профессиональных компетенций студента, врача, путем внедрения в образовательный процесс инновационных практико-ориентированных симуля-

ционных методов обучения по медицинским специальностям. Симуляционный центр представлен комплектом оборудования с новейшей системой фантомного комплекса, компьютеризированных хирургических симуляторов, манекенов, акушерских, педиатрических, гинекологических симуляторов, учебной интегрированной операционной для полной имитации оперативного вмешательства, уникальными моделями-симуляторами человеческого организма, наиболее подробно имитирующими типичное физиологическое и патологическое состояние [5–8]. В целом с повышением престижа врача по стране отмечается повышение количества желающих поступить в медицинские вузы страны. Северо-Восточные регионы Дальневосточного федерального округа имеют высокую потребность во врачебных и медицинских кадрах. Ежегодный выпуск специалистов Медицинского института СВФУ в количестве 200 человек покрывает только 35% потребности региона. В Республике Саха (Якутия), Чукотском АО, Магаданской области и Камчатском крае продолжает сохраняться дисбаланс в обеспеченности медицинскими кадрами в разрезе районов. Однако, несмотря на это, сохраняется проблема дефицита медицинских кадров, особенно в Дальневосточном федеральном округе и Арктических регионах РФ [9, 10].

Материалы и методы исследования

Нами проведен анализ ситуации по подготовке медицинских кадров для нужд арктической зоны России на примере Республики Саха (Якутия).

Результаты исследования и их обсуждение

Национальный проект «Здравоохранение» включает в себя Федеральный проект «Обеспечение медицинских организаций системы здравоохранения квалифицированными кадрами». Одним из целевых показателей национального проекта является ликвидация кадрового дефицита в медицинских организациях первичной медико-санитарной помощи, а также мероприятия проекта направлены на устранение дефицита кадров в сердечно-сосудистой, онкологической службах, медицинских организациях оказывающих медицинскую помощь детям [11]. В табл. 1 представлены целевые показатели Министерства здравоохранения Республики Саха (Якутия) по федеральному проекту. Так, к 2024 г. республика планирует повысить следующие показатели: обеспеченность врачами – до 55,0 на 10 000 населения; число специалистов, вовлеченных в непрерывное медицинское образование – до 16 800; долю специалистов, допущенных к профессиональной деятельности через процедуру аккредитации – до 86,2%; укомплектованность врачебных должностей в амбулаторном звене – до 95%.

Ежегодно в Медицинском институте СВФУ обучается более 1700 студентов, ординаторов и аспирантов. Ежегодный набор студентов составляет более 250 человек. Обучение по 6 специальностям, 2 направлениям подготовки бакалавриата и 1 направлению магистратуры. Реализуется 31 программа ординатуры и 13 программ аспирантуры по 4 направлениям. Медицинский институт СВФУ работает в тесном сотрудничестве с работодателями на 36 клинических базах. В настоящее время в Медицинском институте СВФУ работают 159 преподавателей, из них 32 доктора наук, 86 кандидатов наук. Доля остепененных преподавателей – 83%, средний возраст – 47 лет. Работает Малая медицинская академия, ориентированная на довузовское профориентационное обучение школьников 9–11 классов.

Уже сейчас Медицинский институт СВФУ имеет подготовленные кадры, современные научные лаборатории и реализует научные исследования мирового уровня по приоритетным направлениям научно-технологического развития РФ с участием российских и зарубежных ученых по комплексному изучению здоровья населения на Севере и Арктике, геномным исследованиям, клеточным технологиям. Результаты исследований внедрены в систему здравоохранения и востребованы на Дальнем Востоке и в России.

В рамках Комплексной программы по поэтапному устранению дефицита медицинских кадров в 2013–2017 гг., утвержденной Постановлением Правительства РС (Я) от 01.04.2013 г. № 108, одной из первоочередных и основных задач определено повышение планового набора студентов в Медицинский институт СВФУ и медицинские колледжи. Руководством республики поставлена задача практически трехкратного повышения количества выпускников медицинского вуза. Это было реализовано, и в табл. 2 представлена динамика контрольных цифр приема студентов по специальностям медицинского и фармацевтического профиля в Республике Саха (Якутия).

В табл. 3 представлена динамика целевой подготовки медицинских кадров в Республике Саха (Якутия). В динамике с 2013 г. количество студентов Медицинского института, заключивших договора целевой подготовки существенно повысилась, так если в 2013 г. – 2 студента, то в 2018 г. – 96.

Таблица 1

Целевые показатели Министерства здравоохранения Республики Саха (Якутия) по национальному проекту «Здравоохранение»

Целевой показатель	2017	2024
Обеспеченность врачами (чел. на 10 тыс. населения)	50,1	55,0
Обеспеченность средними медицинскими работниками (чел. на 10 тыс. населения)	115,6	121,6
Обеспеченность врачами, оказывающими медицинскую помощь в амбулаторных условиях (чел. на 10 тыс. населения)	26,3	28,7
Число специалистов вовлеченных в непрерывное медицинское образование (чел.)	1909	16800
Доля специалистов допущенных к профессиональной деятельности через процедуру аккредитации,%	0,4	86,2
Укомплектованность врачебных должностей в амбулаторном звене,%	77,5	95,0
Укомплектованность должностей средних медицинских работников,%	81	100

Таблица 2

Контрольные цифры приема студентов по специальностям медицинского и фармацевтического профиля в зависимости от потребности Республики Саха (Якутия) (2000–2018 гг.), (абс. число)

Год	Лечебное дело	Педиатрия	Стоматология	Фармация	Медико-профилактическое дело	Сестринское дело	Магистратура	Итого
2018	125	50	20	20	20	10	10	255
2017	95	55	20	20	15	10	10	225
2016	95	50	16	20	15	13	8	217
2015	95	50	10	15	15	15	0	200
2014	94	50	11	20	15	15	0	205
2013	95	40	12	24	15	17	…	203
2012	98	40	12	25	15	0	…	190
2011	95	40	10	15	…	…	…	160
2010	95	40	10	15	…	…	…	160

Таблица 3

Динамика количества студентов Медицинского института, заключивших договоры целевой подготовки в Республике Саха (Якутия)

Годы	Лечебное дело	Педиатрия	Стоматология	Фармация	Медико-профилактическое дело	Сестринское дело АБ	Итого
2018	58	31	1	2	1	3	96
2017	38	25	8	3	7	5	86
2016	37	8	7	3	7	8	70
2015	36	18	5	7	5	5	76
2014	13	2	2	0	0	1	18
2013	0	0	1	1	0	0	2
2012	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0

Особую значимость приобретает вопрос закрепления кадров в арктических и северных районах республики. Благодаря реализации Федеральной программы «Земский доктор», республиканской программы «Земский фельдшер», Республиканской программе «Обеспечение жильем врачей северных и арктических районов РС (Я)» в 2016 г. в РС (Я) средняя укомплектованность врачами и средним медицинским персоналом повысилась до 74,1%, в том числе в северных районах – до 88,5%. Так, по программе «Земский доктор» в районы республики было направлено: 2012 г. – 227 врачей, 2013 г. – 76, 2014 г. – 59, 2015 г. – 85, 2016 г. – 70, 2017 г. – 70. Из них в арктические и северные районы направлено: 2012 г. – 126 врачей, 2013 г. – 16, 2014 г. – 8,

2015 г. – 21, 2016 г. – 13. По республиканской программе «Обеспечение жильем врачей северных и арктических районов РС (Я)» в арктические и северные районы направлено: 2012 г. – 32 врачей, 2013 г. – 27, 2014 г. – 26, 2015 г. – 22, 2016 г. – 20, 2017 г. – 19. При этом в республике продолжает сохраняться дисбаланс в обеспеченности медицинскими кадрами в разрезе районов. Наиболее востребованными остаются врачи основных клинических специальностей – акушеры-гинекологи, анестезиологи-реаниматологи, неврологи, педиатры, терапевты. Ежегодный выпуск специалистов Медицинского института СВФУ в количестве 200 человек покрывает только 35 % потребности региона в медицинских кадрах.

Подготовка кадров в ординатуре и аспирантуре с 2010 г. также имеют положительную динамику: так если в 2010 г. в ординатуре обучалось 38 выпускников, в аспирантуре – 3, то в 2018 г. в ординатуре обучается 74 выпускника, в аспирантуре 17.

В Республике Саха (Якутия) сохранилась традиция по распределению студентов в районы. Так, в 2015 г. из 205 выпускников 19 распределены в северные и арктические районы республики, в 2016 г. из 432 выпускников – 31, в 2017 г. из 511 выпускников – 24.

С 1 января 2016 г. внедрена процедура аккредитации, прохождение которой дает специалисту право на осуществление медицинской деятельности в РФ. Являясь единственным учреждением высшего медицинского образования на Северо-Востоке России, Медицинский институт СВФУ осуществляет первичную, первичную специализированную и повторную аккредитацию специалистов. Проводится аккредитация выпускников по направлениям подготовки «Лечебное дело», «Педиатрия», «Стоматология», «Фармация», «Медико-профилактическое дело».

Одной из клинических баз подготовки студентов, ординаторов является собственная Клиника медицинского института СВФУ с центром коллективного пользования с современными учебно-научными лабораториями:

– научно-исследовательская лаборатория клеточных технологий и регенеративной медицины,

– учебно-научная клинико-диагностическая лаборатория,

– учебно-научная лаборатория «Геномная медицина»,

– учебно-научная лаборатория нейропсихофизиологических исследований,

– учебно-научная лаборатория остеопороза,

– учебно-научная лаборатория патоморфологии, гистологии и цитологии,

– учебно-научная микробиологическая лаборатория.

В образовательный процесс внедрены модули инновационных практико-ориентированных симуляционных методов обучения. Запущены образовательные программы повышения квалификации на основе симуляционного обучения. Уже сегодня в Медицинском институте СВФУ работает уникальный Симуляционный центр. Он представлен комплектом оборудования с новейшей системой фантомного комплекса, компьютеризированных хирургических симуляторов, манекенов, акушерских, педиатрических, гинекологических симуляторов, учебной интегрированной операционной для полной имитации оперативного вмешательства, уникальными моделями-симуляторами человеческого организма. Симуляционный центр создан с имитацией рабочего места врача, провизора, медицинской сестры (больничные палаты, реанимационная, операционный и родильный залы, аптечный пункт, процедурные кабинеты). Во время учебного процесса в симуляционном центре преподавателями применяются образовательные технологии: тренинги, работа с тренажерами, манекенами и симуляторами, освоение и применение методик и технологий медицинских манипуляций. Задача Симуляционного центра состоит в том, чтобы студент активно занимался практической деятельностью в процессе обучения и приобрел навыки профессионально подготовленного специалиста. Созданы условия для оттачивания профессионального мастерства и компетенций студентов-медиков.

Благодаря реализации Программы развития СВФУ существенно улучшена материально-техническая база Медицинского института, организованы учебно-научные лаборатории по приоритетным направлениям медицинской науки. Созданы технологические платформы для проведения фундаментальных и прикладных научных исследований, направленных на решение актуальных проблем медицинской науки и здравоохранения с учетом особенностей Республики Саха (Якутия).

Приведение уровня подготовки медиков к единым требованиям будет осуществляться через разработанную систему непрерывного медицинского образования (НМО). Созданный в этих целях «Портал непрерывного медицинского образования» (http://edu.rosminzdrav.ru) обеспечивает уже сегодня доступ врача к реестру дополнительных образовательных программ, где предоставлена возможность формирования индивидуального плана обучения, выбора образовательной программы, включающей, в том

числе, симуляционные тренинги, стажировки, циклы повышения квалификации. В настоящее время происходит реализация модели отработки основных принципов НМО, в которой участвуют образовательные организации, работодатели, профессиональные сообщества.

Выводы

Таким образом, приоритетным направлением развития медицинского образования в арктической зоне России является реализация модернизации высшего медицинского образования, обеспечивающего подготовку конкурентоспособных медицинских кадров, органично интегрированных в реализацию программ инновационного развития здравоохранения.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 18-05-60035_Арктика).

Список литературы

1. Ющук Н.Д., Мартынов Ю.В. Непрерывное обучение врачей – требование современной практики здравоохранения // Медицинское образование и профессиональное развитие. 2013. № 1. С. 18–25.

2. Романцов М.Т., Мельникова И.Ю., Шамшива О.В. Российское национальное медицинское образование на этапе его реформирования // Медицинское образование и профессиональное развитие. 2014. № 1. С. 14–19.

3. Пешев Л.П., Ляличкина Н.А. Реальные векторы повышения качества подготовки врачей в вузах России // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. [Электронный ресурс]. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=23328 (дата обращения: 11.01.2020).

4. Пешев Л.П., Ляличкина Н.А. Реальные пути повышения качества высшего медицинского образования в России // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=26826 (дата обращения: 11.01.2020).

5. Токмакова С.И., Жукова Е.С., Бондаренко О.В., Побединская Л.Ю., Тимченко Н.С. Значение симуляционного обучения в образовательном процессе студентов стоматологического факультета по результатам анкетирования // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=29074 (дата обращения: 11.01.2020).

6. Бакирова Р.Е., Нурсултанова С.Д., Муравлёва Л.Е., Тусупбекова К.Т., Турханова Ж.Ж., Аширбекова Б.Д. Инновационные технологии в обучении студентов-медиков // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 3. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=27703 (дата обращения: 11.01.2020).

7. Мальцева А.Н. Современные методы в учебном процессе медицинского вуза // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=29040 (дата обращения: 11.01.2020).

8. Чечина И.Н., Андриенко А.В., Денисова Е.А., Вейцман И.А. Двухуровневый контроль освоения практических навыков в ходе итоговой государственной аттестации выпускников лечебного факультета // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 5. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=29246 (дата обращения: 11.01.2020).

9. Пестерева Н.М., Савинкина Л.А., Шашок Т.Ю., Савинкин Р.В. Современное состояние рынка труда и занятости населения Приморского края // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2013. № 6 (9). С. 41–49.

10. Савинкина Л.А., Шепелова Т.С. Проблема дефицита медицинских кадров и пути ее решения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=16466 (дата обращения: 11.01.2020).

11. Национальный проект «Здравоохранение». [Электронный ресурс]. URL: http://government.ru/projects/selection/736/35561 (дата обращения: 11.01.2020).

УДК 376.3

КРЕАТИВНОЕ ПИСЬМО КАК ДОСТУПНЫЙ СПОСОБ КОММУНИКАЦИИ У ПОДРОСТКОВ С НАРУШЕНИЯМИ СЛУХА

[1,2]Задорожняя Е.В., [2]Трифонова Э.П.

[1]ГКОУ Краснодарского края «Специальная (коррекционная) школа-интернат», Краснодар, e-mail: zadoro53@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар

В статье представлен опыт теоретического и эмпирического исследования формирования креативности у обучающихся с нарушениями слуха в Государственном казённом общеобразовательном учреждении специальной (коррекционной) школе-интернате г. Краснодара. Предметом исследования выступает обучение слабослышащих детей с нарушениями слуха креативному письму. Креативность в исследовании рассматривается как способность слабослышащих обучающихся к созданию новых видов творческих работ. С точки зрения педагогического подхода сущность понятия «формирование коммуникативной компетенции и креативности» определяется содержательными и технологическими составляющими педагогического процесса. В рамках данного исследования педагогическими условиями формирования креативности учащихся является учет возрастных особенностей и индивидуальных различий обучающихся, организация творческой атмосферы, развитие коммуникативной компетенции и креативности. Учет возрастных особенностей и индивидуальных различий определяется, несомненно, врожденными, физиологическими и личностными особенностями. В статье определены содержательные и технологические составляющие формирования коммуникативной компетенции посредством использования креативного письма. Представлены результаты эмпирического исследования, в процессе которого была реализована программа факультативного курса «Креативное письмо», содержащая разнообразные формы и методы работы со слабослышащими обучающимися. Зафиксирована положительная динамика по всем показателям сформированности креативности у обучающихся, что дает основание говорить об эффективности предлагаемого факультативного курса.

Ключевые слова: коммуникативная компетенция, креативность, креативные технологии, обучающиеся с нарушениями слуха

FORMATION OF CREATIVITY AND COMMUNICATIVE COMPETENCE IN STUDENTS WITH HEARING DISORDERS

[1,2]Zadorozhnaya E.V., [2]Trifonova E.P.

[1]State treasury educational institution of the Krasnodar Territory special (correctional) boarding school, Krasnodar, e-mail: zadoro53@mail.ru;

[2]Kuban State University, Krasnodar

The article presents the experience of a theoretical and empirical study of the formation of creativity in students with hearing impairments in the State Treasury General Educational Institution of a special (correctional) boarding school in the city of Krasnodar. The subject of the study is the training of hearing-impaired children with hearing impairments in creative writing. Creativity in the study is considered as the ability of students with hearing impairments to create new types of written creative works. From the point of view of the pedagogical approach, the essence of the concept of «the formation of communicative competence and creativity» is determined by the substantive and technological components of the pedagogical process. In the framework of this study, the pedagogical conditions for the formation of students' creativity is to take into account the age characteristics and individual differences of students, the organization of a creative atmosphere, the development of communicative competence and creativity. The consideration of age-related characteristics and individual differences is undoubtedly determined by innate, physiological and personality characteristics. The article defines the substantive and technological components of the formation of communicative competence through the use of creative writing. The results of an empirical study are presented, during which the program of the optional course «Creative writing» was implemented, containing various forms and methods of working with hard of hearing students. Positive dynamics was recorded in all indicators of the formation of students' creativity, which gives reason to talk about the effectiveness of the proposed optional course.

Keywords: communicative competence, creativity, creative technologies, socialization

По статистике Всемирной организации здравоохранения, различными нарушениями слуха страдает около шестисот пятидесяти миллионов человек. В России проживает свыше тринадцати миллионов человек с нарушениями слуха, в том числе более одного миллиона – дети. Всемирная федерация глухих, объединяющая на сегодняшний день сто тридцать две национальные организации на всех пяти континентах, уделяет большое внимание детям с нарушениями слуха, их социальной реабилитации и социализации.

В последние годы увеличилось количество детей не только с различными нарушениями слуха, но и с сопутствующими заболеваниями: детским церебральным параличом, нарушениями зрения, неврологическими и психическими заболеваниями. Свыше восьмидесяти пяти процентов нарушения слуха наступает на первых годах жизни, именно в это время начинает

формироваться речь ребёнка [1, с. 84]. Нарушение слуха исключает возможность самостоятельного развития речи, так как именно слуху в это время отводится основная роль в восприятии обращённой к нему речи и контролю собственного произношения. Нарушения непосредственно влияют не только на речевое развитие, но и оказывают влияние на формирование памяти, мышления, психическое развитие. В настоящий момент активно развивается специальное (коррекционное) образование, совершенствуются методы обучения, обеспечивающие формирование творчески активной личности, развитие ее креативных способностей. Обучающихся с первых дней пребывания в школе учат общаться друг с другом и с окружающими их людьми, учат по определённой системе взаимодействовать с другими членами общества [2, с. 7].

Большая роль в формировании коммуникативной компетенции отводится внеурочной деятельности, так как именно после уроков происходит активное взаимодействие между обучающимися и педагогами. Внеурочная образовательная деятельность – важная, неотъемлемая часть процесса обучения слабослышащих обучающихся, она обеспечивает всестороннее развитие, воспитание и социализацию школьников.

Слабослышащие дети представляют собой неоднородную по своему составу группу людей, характеризующуюся разной степенью нарушения слуха, речевого развития и различных других отклонений. Большое значение в формировании речи отводится педагогическим условиям, в которых происходит формирование речи. Создание дифференцированных образовательных программ способствует оптимальному построению педагогического процесса. Адаптированные основные образовательные программы для слабослышащих и позднооглохших обучающихся создают дополнительные условия для развития детей с нарушениями слуха. Программы факультативных занятий помогают организовать свободное время с учётом особых образовательных потребностей и индивидуальных особенностей слабослышащих обучающихся [3, с. 221].

Обмен мнениями, информацией, установление межличностных взаимоотношений помогает развивать и совершенствовать коммуникативную компетенцию. Общение состоит в обмене информации познавательного или оценочного характера. Но слабослышащие обучающиеся словесную речь могут освоить, используя лишь обходные пути. Дети с нарушениями слуха овладевают речью, опираясь на визуальное и коммуникативное восприятие, подкрепленное двигательными ощущениями. Формирование речи у слабослышащих обучающихся происходит в различных условиях, в различных видах деятельности (устной, письменной и дактильной). Все виды речевой деятельности формируются в единстве.

Что необходимо сделать, чтобы сформировать коммуникативную компетенцию как основу успешной социализации в обществе у обучающихся с различными нарушениями слуха? Над этим вопросом долго размышляли, прежде чем приступить к изучению и применению на практике технологии креативного письма, которая помогает сформировать устную и письменную речь слабослышащих обучающихся.

Целью исследования была разработка программы факультативного курса по развитию письменной и устной речи слабослышащих обучающихся с использованием технологии креативного письма; выявить предпосылки возникновения недоразвитости речи у обучающихся с нарушениями слуха; формирование коммуникативной компетенции посредством использования креативного письма. Была разработана программа факультативного курса по развитию письменной и устной речи, и создана рабочая тетрадь с комплексом творческих заданий, способствующих развитию связной письменной речи слабослышащих обучающихся.

Письменная речь в методике коррекционного обучения русскому языку выступает не только как основной инструмент обучения, но и как основная цель. Письмо является техническим компонентом письменной речи. Основой является обмен информацией, взаимодействие зрительного, слухового и речевого анализаторов. В совокупности, опора на все эти анализаторы, дает значительный эффект в формировании креативных способностей [4, с. 85]. Базой письменной речи является устная речь, поэтому формирование речи невозможно без совершенствования устной речи, потому что услышанное усваивается на 10%, увиденное на 20%, услышанное и увиденное на 30%, зафиксированное на письме на 50%, при проговаривании на 70%. Если правильно определить цели обучению креативному письму, то устная и письменная речь постепенно станет богаче и логичнее.

Понятие «креативность» в современных исследованиях многоаспектное. Это самостоятельное понятие, которое представляет собой систему, распространяющую на все сферы жизнедеятельности человека. Что мы имеем в виду, когда говорим о «креативном письме»? Креативное письмо – вид творческого письма, который порождает

различные виды художественных текстов, жанров, такие как сочинение повествовательного характера, описательного, тексты-рассуждения. Обычно эти упражнения имеют игровую форму и выполняются в письменной форме. Под креативным письмом мы понимаем самостоятельные письменные работы, где обучающиеся выражают своё сугубо индивидуальное мнение, используя воображение, фантазию, личный опыт. В процессе работы над креативным письмом создаются работы, для которых характерна эмоциональность, оригинальность, смысловая завершённость. Процесс обучения креативному письму происходит во внеурочное время в несколько этапов: подготовка, работа над темой, разработка замысла и идеи и сама творческая работа. Методы, которые используются для развития креативных способностей: методы стимулирования обучения, индивидуальная самостоятельная работа, создание проблемной ситуации, ролевые игры, создание ситуации занимательности и успеха. Используя креативный вид письма, мы сохраняем важную информацию в письменном виде, делимся ею, создаём условия для самовыражения.

Материалы и методы исследования

Темой нашего исследования выступило «Креативное письмо» как способ формирования коммуникативной компетенции у подростков с нарушениями слуха. Экспериментальное исследование проводилось на базе Государственного казённого общеобразовательного учреждения Краснодарского края специальной (коррекционной) школы-интерната города Краснодара. Экспериментальная работа осуществлялась в соответствии с теоретической направленностью исследования. Целью работы стало подтверждение рабочей гипотезы, предполагающей, что методически выверенная и систематически проводимая работа по развитию речи письменной речи слабослышащих обучающихся с использованием технологии креативного письма будет способствовать формированию языковой и коммуникативной компетенции. Эксперимент проводился в течение учебного года, в исследовании приняли участие слабослышащие обучающиеся в количестве восьми человек (четыре девочки и четыре мальчика). Предварительно была изучена специальная литература по психологии личности детей с нарушениями слуха, их особенности мышления; научные труды по дефектологии, изучена общефилософская и историческая литература; методика преподавания русского языка в общеобразовательных и коррекционных школах для глухих и слабослышащих обучающихся; изучены работы иностранных авторов Джоя Пола Гилфорда и Филипа Эварта Вернона, касающиеся исследований познавательной сферы детей с нарушениями слуха.

Для оценки уровня речевого и интеллектуального развития была использована методика В.П. Глухова, для определения уровня развития творческого мышления методика С. Медника, разработанная Т.В. Галкиной и Л.Г. Алексеевой, и методика креативных способностей Д. Джонсона, адаптированная Е.Е. Туник. Эти методики были в свою очередь также адаптированы с учетом индивидуальных особенностей слабослышащих обучающихся. В качестве основных показателей сформированности креативности обучающихся были выбраны:

1) продуктивность как способность порождать большое количество разнообразных идей;

2) гибкость как способность выдвигать различные варианты идей и способность применять их в практической деятельности;

3) оригинальность как способность продуцировать новые, нестандартные идеи.

Результаты исследования и их обсуждение

Качественный анализ работ испытуемых, наблюдение за процессом их деятельности в ходе эксперимента, а также результаты математической обработки данных позволили прийти к выводу, что разработанные приемы и упражнения не только способствуют развитию креативного письма, но и помогают повысить мотивацию к изучению русского языка как предмета, развивают письменную и устную речь слабослышащих обучающихся. Практическая значимость проведенного исследования состоит в том, что система тренировочных упражнений по развитию речи повысила уровень речевого развития слабослышащих обучающихся. Учащиеся с III степенью тугоухости показали хорошие результаты в овладении технологии креативного письма, а у слабослышащих обучающихся с IV степенью (пограничной с глухотой) происходит замедленный темп развития устной и письменной речи. Сравнивая результаты входящей и итоговой диагностики креативности при использовании технологии креативного письма можно сделать выводы, что обучающиеся, у которых речь была сформирована в пределах нормы, показали хорошие результаты, а обучающиеся, у которых понимание речи было затруднено, показали средние результаты.

Творческая деятельность во внеурочное время подчинена единой системе индиви-

дуальных заданий, которая включает индивидуальную образовательную траекторию, через которую и происходит развитие креативных способностей. С этой целью и внедряются в практику новые, более эффективные виды технологий. Одна из них носит название «технология креативного письма». Эта технология стимулирует познавательную деятельность участников образовательного процесса, вовлекает каждого обучающегося в учебный творческий процесс. Создаёт стимулы мыслительной и поведенческой активности. Методы, используемые в технологии креативного письма, направлены на развитие творческого мышления, совершенствование письменной и устной речи, на формирование коммуникативной компетенции. Креативное письмо становится доступным способом коммуникации у обучающихся с нарушениями слуха.

В федеральных государственных стандартах основного общего образования большая роль отводится развитию речи, в том числе в устных и письменных формах. Цели начального общего образования (далее НОО) – учить ученика учиться; основного общего образования (далее ООО) – учить ученика в общении. В программе основного общего образования, несомненно, нашёл отражение принцип начального общего образования, который предусматривает развитие в перспективе индивидуальных, регулятивных и коммуникативных универсальных действий. В специальных (коррекционных) учреждениях для глухих и слабослышащих обучающихся мы учим ученика в общении, развиваем их коммуникативные компетенции, продолжаем формировать умения учиться [5].

Какие же методы использовались в работе факультативного курса «Креативное письмо»? В особую группу можно отнести методы стимулирования креативности:

– метод «шести разноцветных шляп», используя этот метод ролевой игры, учим слабослышащих обучающихся находить нестандартные решения;

– метод «ассоциирования» помогает тренировать память;

– метод «шести чувств» развивает воображение;

– метод «кластеров» учит систематизировать учебный материал;

– метод «личный дневник» формирует навыки эффективного общения, развивает письменную речь;

– метод эвристического «вживания» даёт возможность писать нестандартные письменные работы на свободные темы [6].

В особую группу можно отнести сочинения – рассказы о своих увлечениях и занятиях, рассказы-описания, рассказы на свободные темы. Языковые лингвистические игры: шарады, кроссворды, лингвистические задачки, игры логогрифы, ребусы и т.д. Речевые игры, проводимые по внеурочное время, повышают интерес к материалу, дают возможность дополнительно попрактиковаться в оперировании грамматическими понятиями, помогают их осознанию. Обучающиеся с различными нарушениями слуха, под руководством учителя, погружены в непрерывную диалоговую среду, поэтому креативное письмо имеет большой образовательный, воспитательный и развивающий потенциал. Креативное письмо становится эффективным инновационным способом общения.

Выводы

Проведенное исследование показало, что после реализации факультативного курса «Креативное письмо» была обнаружена положительная динамика в качестве выполнения письменных творческих работ у учащихся класса и в формировании устной и письменной речи слабослышащих обучающихся. При первичном обследовании детей с высоким уровнем развития связной монологической и письменной речи не было выявлено, средний уровень наблюдался у двух учеников, уровень ниже среднего – у четырех обучающихся, низкий уровень был у двух обучающихся. На этапе формирующего эксперимента высокий результат показали два ученика, хороший – четыре, средний уровень – два ученика. Результаты исследования факультативного курса в учебно-воспитательном процессе можно признать эффективными. Используя технологию креативного письма, обучающиеся создали самостоятельные письменные работы, где выражали свое сугубо индивидуальное мнение, использовали воображение, фантазию, личный опыт. В процессе работы над креативным письмом слабослышащие обучающиеся писали письменные работы, для которых были характерны эмоциональность, оригинальность, смысловая завершенность. По результатам экспериментального исследования были сделаны выводы, что разработанные приемы и упражнения не только способствовали развитию креативного письма, но и помогли повысить мотивацию к изучению русского языка как предмета, способствовало развитию письменной речи у обучающихся с нарушениями слуха, накоплению словарного запаса. Практическая значимость проведенной работы состоит в том, что система тренировочных упражнений повысила уровень речевого развития: увеличился темп высказываний (речь стала более разборчивая, вы-

разительная); увеличился объём активного словаря; в речи обучающихся появились сложные синтаксические конструкции. Гипотеза исследования, предполагающая, что методически выверенная и систематически проводимая работа с использованием технологии креативного письма способствует формированию языковой, лингвистической и коммуникативной компетенции, доказана. Об эффективности использования данной методики свидетельствуют качество и уровень выполненных творческих работ, а также формирование коммуникативной компетенции как основы успешной социализации. Креативное письмо, по нашему мнению, должно стать необходимой частью школьной программы по русскому языку.

Список литературы

1. Неретина Т.Г. Специальная педагогика и коррекционная психология. М.: Издательство Флинта ВПО «МПСИ», 2010. 220 с.

2. Лынская М.И. Формирование речевой деятельности у неговорящих детей с использованием инновационных технологий: пособие для учителя-дефектолога. М.: Парадигма, 2015. 128 с.

3. Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации (ред. от 27.12.2019)» (Статья 79. Организация получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 16.01.2020).

4. Коровин К.Г., Гилевич И.М., Донская Н.Ю. Книга для учителя школы слабослышащих: Обучение русскому языку, чтению, произношению. М.: Просвещение, 1995. 160 с.

5. Приказ Минобрнауки России от 19.12.2014 № 1598 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья». (Зарегистрировано в Минюсте России 03.02.2015 № 35847) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_175495/ (дата обращения: 16.01.2020).

6. Левинзон А.И. Креативное письмо: модель англоязычных стран в российской школе // Вопросы образования: ежеквартальный научно-образовательный журнал. 2014. № 1. [Электронный ресурс]. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=21700468& (дата обращения: 16.01.2020).

УДК 378.147.88

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УЧЕБНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

Мингалеев Г.Ф., Бабушкин В.М., Бикмуллин А.Л., Галямов Р.А.
ФГБОУ ВО «КНИТУ – КАИ», Казань, e-mail: kafedra@eupkai.ru

Использование объективных законов развития технических систем при работе со структурированными и неструктурированными данными для обучающихся достаточно трудоемко, поэтому внедрение информационных технологий в учебный процесс рекомендуется поэтапно, начиная с простых методов и приемов, активизирующих процесс анализа получаемой информации. В качестве инструмента, позволяющего обучаемому реализовать практическую часть учебного процесса, выступает использование программно-аппаратного комплекса, применение которого направлено на обеспечение получения профессиональных компетенций у обучающихся в условиях работы в учебно-образовательных центрах. В программно-аппаратном комплексе ведется распределение формируемой информации по соответствующим компетенциям обучающихся в различных аналитических плоскостях с обоснованием значимости получаемых данных для различных уровней системы управления инженерно-экономических учебно-образовательных центров на начальном этапе и других организаций впоследствии. Предложен алгоритм работы учебно-производственных программно-аппаратных комплексов в прикладной составляющей образовательного процесса. Проанализированы условия эксплуатации учебно-производственных программно-аппаратных комплексов при оценке практических работ в реальном времени. Обозначена важность формирования учебно-проектного бюро как подразделения в организационной структуре управления инженерно-экономическим учебно-образовательным центром. Отмечена возможность интерактивной работы программно-аппаратного комплекса, ведущая к качественной цифровой трансформации инженерно-экономического учебно-образовательного центра. Описано взаимодействие членов полипрофессиональной проектной группы при проведении практической работы с применением программно-аппаратных комплексов. Результатом является возможность формирования и изменения данных в реальном времени и доступа к ним всех членов полипрофессиональной группы.

Ключевые слова: производственная система, программно-аппаратные средства, образовательный процесс, учебно-образовательный центр

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEXES FOR ENGINEERING AND ECONOMIC EDUCATIONAL CENTERS

Mingaleev G.F., Babushkin M.V., Bikmullin A.L., Galyamov R.A.
FSBEI HE «KNRTU – KAI», Kazan, e-mail: kafedra@eupkai.ru

Using objective laws of development of technical systems when working with structured and unstructured data is quite time-consuming for students, so the introduction of information technologies in the educational process is recommended in stages, starting with simple methods and techniques that activate the process of analyzing the information received. As a tool that allows the student to implement the practical part of the educational process, it is the use of a software and hardware complex, the use of which is aimed at ensuring the acquisition of professional competencies from students in working conditions in educational centers. In the software and hardware complex, the generated information is distributed according to the relevant competencies of students in various analytical planes with justification of the significance of the obtained data for different levels of the management system of engineering and economic educational centers at the initial stage, and other organizations afterwards. The algorithm of operation of educational and production software and hardware complexes in the applied component of the educational process is proposed. The article analyzes the operating conditions of educational and production software and hardware complexes when evaluating practical work in real time. The importance of the formation of the training and design department as a division in the organizational structure of the management of the engineering and economic training and educational center is indicated. The possibility of interactive work of the software and hardware complex, leading to a high-quality digital transformation of the engineering and economic training and educational center, is noted. The article describes the interaction of members of a multiprofessional project group during practical work with the use of software and hardware complexes. The result is the ability to generate and change data in real time and access it for all members of the multiprofessional project group.

Keywords: production system, software and hardware, educational process, educational center

Цифровизация всех отраслей деятельности человека уже давно затрагивает и образовательную деятельность. В первую очередь она касается подготовки специалистов, которые в дальнейшем непосредственно используют информационные технологии в своей профессиональной деятельности [1]. В то же время не менее важно проводить информатизацию и практической части учебного процесса – практики. Здесь в качестве инструмента предлагается использовать учебно-производственные программно-аппаратные комплексы (УППАК). Другим направлением повышения эффективности образовательного процесса является формирование полипрофессиональных проектных групп. Применение комплекса в работе сформированных полипрофессиональных проектных групп в рамках проведения практического занятия основывается

на комбинации обучающихся различных специальностей, которые, с одной стороны, формируют данные для УППАК, с другой – пользуются полученной информацией. Основная задача комплекса на начальном этапе внедрения – это фиксация факта выполнения практического задания с его дальнейшей объективной оценкой.

Цель исследования: проектирование технологии организации учебной практики студентов полипрофессиональных учебных групп на основе использования учебно-производственных программно-аппаратных комплексов.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала используется опыт внедрения программно-аппаратных комплексов в реальном производстве. Методом исследования является обобщение отработанных технологий применения программно-аппаратных комплексов и использования их в практической работе полипрофессиональной проектной группы.

Результаты исследования и их обсуждение

Использование УППАК направлено на приобретение обучаемым навыков компетенций, обусловленных будущей деятельностью в профессиональной среде, а также на формирование навыков адаптации в социальной среде производственного коллектива на основе полипрофессиональных проектных групп. Собранный практический материал для выпускной квалификационной работы студента будет иметь не только узкоспециализированные данные, но и информацию других компетенций – знания полученные в результате деятельности всей полипрофессиональной проектной группы. В рамках функционирования полипрофессиональной проектной группы возможно формирование учебно-проектного бюро, как проектно-ориентированного учебно-научного структурного подразделения. Все учебно-проектные бюро являются частью единого инженерно-экономического учебно-образовательного центра. Каждое бюро в течение своего жизненного цикла (учебной или производственной практики) решает прикладные задачи существующего или разработанного вновь научно-производственного проекта (полипрофессионального проекта) [2]. Полипрофессиональный проект – это выполнение совокупности практических работ студентами в полипрофессиональной группе на основе единого задания. Данная работа ведется на основе разработанных и утвержденных проектно-ориентированных индивидуальных учебных планов и программ подготовки студентов в полипрофессиональных проектных группах. Включение обучающихся в состав полипрофессиональных проектных групп ведется на основе проведения конкурса. Для студентов, не прошедших конкурс, практика выполняется и оценивается индивидуально, но при этом обучающемуся может быть предоставлен доступ к УППАК как к базе знаний.

Члены полипрофессиональной проектной группы формируют базу знаний, из которой можно получить результаты практической работы студента или полипрофессиональной группы на разных этапах практики. Это позволяет оценить не только каждое отдельное практическое задание, но и группу заданий полипрофессионального проекта.

УППАК имеет собственную архитектуру программного обеспечения, реализованную на базе персонального компьютера (рис. 1).

Непосредственно УППАК в своем составе имеет следующие конструктивные составляющие:

– сенсорный монитор;
– RFID-приемник;
– сканер штрих-кодов.

Следует отметить, что применение RFID-приемника обусловлено достаточно масштабным применением автоматизированного доступа обучающихся, преподавателей и специалистов предприятий с помощью электронных пропусков как в инженерно-экономические учебно-образовательные центры, так и на предприятия. В то же время применение штрих-кодов требует изменений в стандартах, где формализуется работа со штрих-кодами (предварительно вся документация по практической работе распечатывается со штрих-кодом).

Работа в УППАК основывается на алгоритмах действий обучающегося или преподавателя для достижения результатов практического занятия. Пример одного из алгоритмов, реализующих работу учебно-производственных программно-аппаратных комплексов, приведен на рис. 2.

Реализация УППАК в информационной системе инженерно-экономического учебно-образовательного центра, включающей учебно-производственное оборудование, позволяет реализовывать практические работы при удаленном расположении студентов, когда полипрофессиональная проектная группа решает прикладную задачу без взаимного визуального контакта, имитируя реальную производственную ситуацию. Развитие в этом направлении в перспективе может позволить формировать массовые онлайн-курсы, где студенты смогут дистанционно проходить практику.

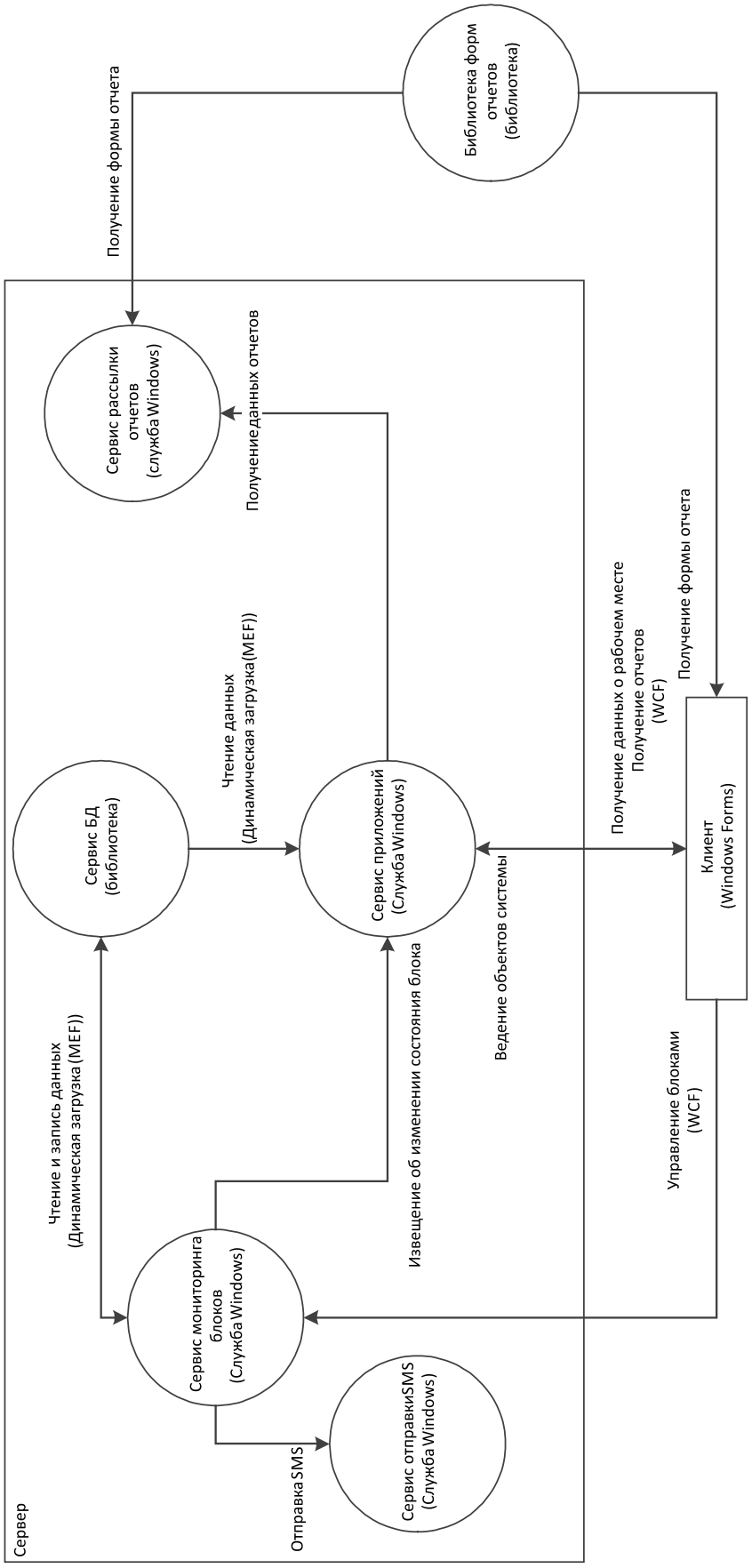


Рис. 1. Архитектура программного обеспечения учебно-производственного программно-аппаратного комплекса [3]

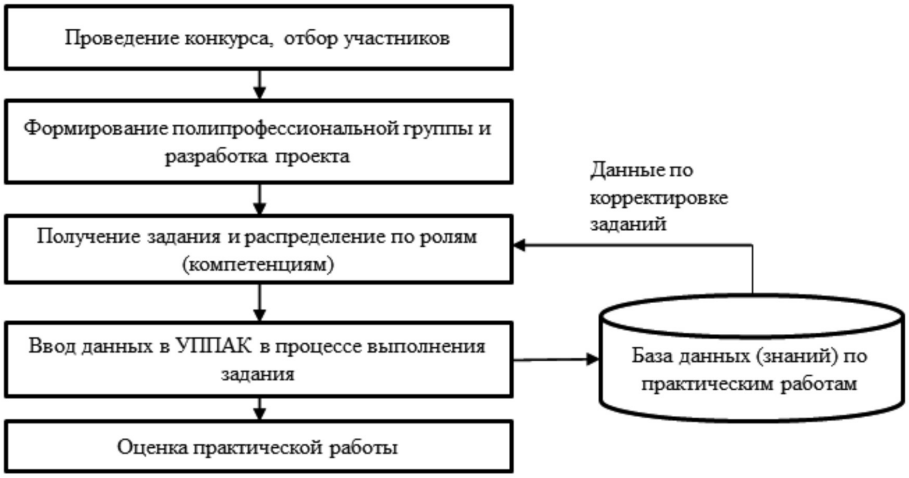


Рис. 2. Рекомендуемый алгоритм работы учебно-производственных программно-аппаратных комплексов

В процессе выполнения практических заданий обучающиеся могут получить более детальную информацию по каждому элементу задания. Например, если задание является интерактивным, то на уровне отдельного учебно-проектного бюро студент полипрофессиональной проектной группы может в режиме реального времени ознакомиться с информацией по конкретному изучаемому объекту и получить данные о выполняемом задании, методической информации и т.д. На основе полученной информации эффективность соответствующих управленческих решений значительно повышается, так как экономится время на получение данной информации.

Комплекс является инструментарием инженерно-экономического учебно-образовательного центра, состоящим из обучающихся, преподавателей и информационно-технической инфраструктуры [4]. С помощью комплекса, на основе обмена данными между собой, одновременно или в различное время в реализацию полипрофессионального проекта может вовлекаться как вся группа, так и отдельные обучающиеся, в зависимости от их профессиональных компетенций (рис. 3).

Приведенный на рисунке пример отчета показывает работу полипрофессиональной группы из трех членов: конструктор, технолог и экономист. Выданное преподавателем задание по проекту (1) на начальной стадии изучается (2) и далее обучающиеся реализуют полипрофессиональный проект или его часть (3, 4, 5). Длительность работы каждого члена в виде диаграммы показывает их загруженность полипрофессиональном проекте в течение дня. По итогам практики формируются сводные данные о проделанной работе, что отражается и в отчетах обучающихся.

Формирование более объемной базы знаний приведет к возможности оценки не только времени обучаемого, проведенного в полипрофессиональном проекте, но и данных непосредственно по конкретным практическим заданиям. При этом для каждого члена полипрофессиональной группы будут формироваться свои критерии (например, для конструктора – соответствие выполненного задания требованиям к продукции, для экономиста – точность и контроль расходов и т.д.). Таким образом формируются основные этапы применения средств координации выпуска как условной, так и реальной продукции при проведении практических занятий в инженерно-экономическом учебно-образовательном центре на основе информационных образовательных технологий. При схожести заданий при каждой последующей итерации исходные данные будут отличаться, что не позволит обучающимся копировать данные из предыдущих работ.

По результатам практики, с одной стороны, ведется классическая оценка знаний обучающегося, а с другой стороны, объективно с помощью УППАК производится мониторинг включенности в выполнение проектного задания как студента, так и всей полипрофессиональной проектной группы. Оценка практической работы ведется по уровням закрепления знаний студентом по компетенциям, которые установлены федеральным государственным образовательным стандартом, рабочей программой и заданием на практику.

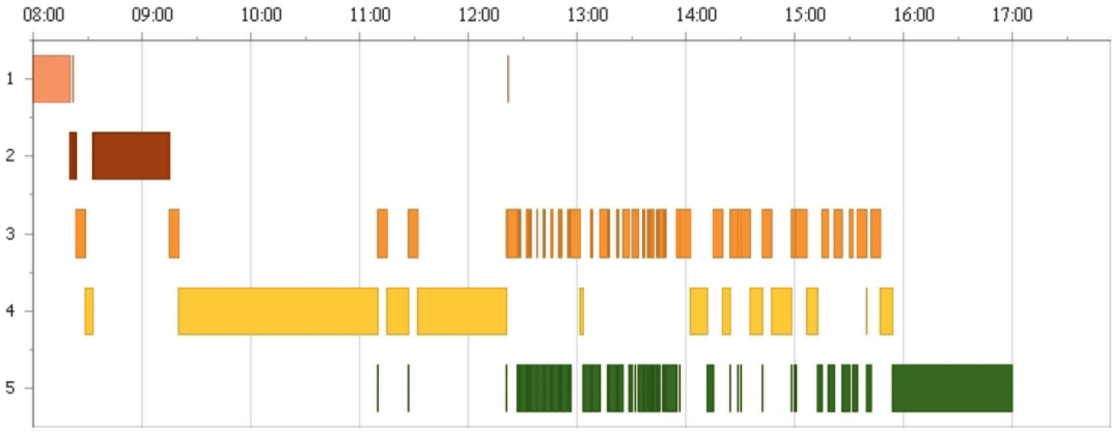


Рис. 3. Пример отчета работы полипрофессиональной проектной группы в УППАК: 1) выдача задания преподавателем; 2) формирование исходных данных; 3) разработка конструкции конструктором; 4) разработка технологического процесса технологом; 5) экономическая оценка экономистом

Реализация цифровых технологий не означает, что инженерно-экономическому учебно-образовательному центру следует деактивировать все имеющееся программное обеспечение и начать внедрять новое, но в контексте новых задач используемые информационные технологии требуют переосмысления в рамках УППАК. Более того, внедрение комплекса возможно на базе существующей информационной инфраструктуры с интеграцией комплекса в нее [5]. Возможность интеграции комплекса с другими программами и приложениями предусматривалась на начальной стадии его разработки, что при его применении в реальных производственных условиях было апробировано на предприятиях машиностроения и приборостроения. В частности, отчет на рис. 3 получен при работе полипрофессиональной проектной группы в едином информационном пространстве, чем и объясняются «пробелы» в работе над проектом, но это не означает их простаивание. Во время выполнения задания над проектом одного участника остальные выполняли не связанные с проектом работы.

Комплексный подход к проведению практикума может быть обеспечен только при использовании средств автоматизации, что при использовании «тяжелых» информационных систем может сделать процесс обучения и практики полипрофессиональной проектной группы достаточно длительным [6], а применение УППАК выдает необходимые данные сразу же, как только начато практическое занятие.

Интерактивная работа в УППАК позволяет полипрофессиональной группе решать статические тематические задания, задания с дополнительной информацией и интерактивные задания. При решении практического задания студент индивидуально или в рамках реализации полипрофессионального проекта имеет различную степень влияния на исходные данные и на результаты практической работы. Интерактивная составляющая формирует обратную связь от обучающихся и позволяет динамично формировать актуальную базу знаний, повышать универсальность программно-аппаратного комплекса. Происходит качественная цифровая трансформация инженерно-экономического учебно-образовательного центра на основе визуализации информации по выполнению практики. В процессе практической работы обучающийся участвует в процессе создания последующих заданий и работает над ними.

Эффективность практической работы полипрофессиональной проектной группы достигается за счет автоматизированной работы в УППАК со структурированным документооборотом и управлением неструктурированным контентом, формируемым в процессе практического занятия. В целом работа полипрофессиональной проектной группы строится на прогрессивных инструментах аналитики и цифровизации взаимодействия обучающихся за счет интеграции различных данных.

Цифровизация инженерно-экономического учебно-образовательного центра означает рост объемов и увеличение сложности информации, а обработка таких данных должна вестись системами искусственного интеллекта и семантического анализа. При

этом следует учитывать не только генерируемую в рамках полипрофессионального проекта информацию, но и данные, поступающие в УППАК из разнообразных внешних источников.

Заключение

Предложенная в статье технология управления образовательным процессом подготовки студентов позволяет принимать обоснованные решения по оптимизации нагрузки обучающихся и преподавателей, приводит к максимальному использованию приобретенных обучающимися компетенций на практике. Применение комплекса способствует повышению эффективности подготовки полипрофессиональных проектных групп в инженерно-экономических учебно-образовательных центрах на основе современных методов и средств информатизации и компьютеризации образовательных процессов.

Применение учебно-производственного программно-аппаратного комплекса при проведении практических занятий позволяет объективно оценивать проделанную полипрофессиональной группой работу. Полученные по результатам данные дают возможность формировать корректирующие воздействия на последующие задания практической части учебного процесса, в плане указания и исправления ошибок, на полипрофессиональную группу в плане комплексной реализации проекта, и на преподавателя, с целью постоянного совершенствования практикума и рабочей программы.

Список литературы

1. Зинурова Р.И., Тузиков А.Р., Фатхуллина Л.З., Алексеев С.А. Исследование мотивов и факторов, оказывающих влияние на выбор вуза абитуриентами // Управление устойчивым развитием. 2018. № 1 (14). С. 40–47.

2. Горшкова О.О. Возможности практико-модульного обучения в формировании исследовательских компетенций студентов технических вузов // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 1. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=28495 (дата обращения: 02.02.2020).

3. Трутнев В.В., Мингалеев Г.Ф., Галямов Р.А., Бузова Е.А., Минкин М.А. Обеспечение устойчивого соединения программно-аппаратных комплексов планирования и мониторинга работы оборудования в инфокоммуникационных мультисервисных сетях специальной связи // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 6 (7). С. 59–65.

4. Бабин Е.Н. Цифровизация университета: построение интегрированной информационной среды // Университетское управление: практика и анализ. 2018. Т. 22. № 6. С. 44–54.

5. Кочерышкина Э.Г., Гарифуллин Р.Ф. Основной функционал корпоративного портала // Перспективы науки. 2017. Т. 2017. С. 246.

6. Моисеев Р.Е., Ерошомова А.А. Современные методы организации обучения и вопросы мотивации при формировании целевых полипрофессиональных групп в сфере образовательных услуг // Вестник экономики, права и социологии. 2016. № 4. С. 255–258.

УДК 372.878:376.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЗЫКИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ КУЛЬТУРЫ У ДЕТЕЙ С КОМПЛЕКСНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ

Молодцова И.А., Малкова Т.П.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», Волгоград, e-mail: irina.molodtsova@outlook.com

Целью государственных программ является повышение качества жизни граждан на основе использования безопасных информационных и телекоммуникационных технологий, формирование цифрового пространства в сфере образования, ускоренное внедрение цифровых технологий в социальной сфере, создание комфортных условий и возможностей для самореализации и раскрытия таланта, воспитание гармонично развитой и социально ответственной личности на основе духовно-нравственных ценностей, исторических и национально-культурных традиций. Результатами реализации мероприятий должно быть охвачено не менее 30 % населения в возрасте от 6 до 16 лет. Особую категорию составляют дети с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с нарушением зрения и слуха. Слуховое восприятие выполняет важную роль в получении, усвоении, хранении информации при их обучении и воспитании. Музыка развивает слуховое восприятие, творческие возможности, помогает осваивать информационное пространство. Современное общество характеризуется широким использованием цифровых информационных технологий в образовании лиц с ограниченными возможностями здоровья. Для передачи музыки применяют различные технические средства и системы. Использование компьютерных технологий повышает эффективность коррекционного воздействия музыки на развитие слухового восприятия у детей с нарушениями в развитии. В этой связи актуальным является развитие информационной гигиены как элемента цифровой культуры.

Ключевые слова: цифровая культура, дети, комплексные нарушения развития, музыкально-слуховое восприятие, информационное пространство, информационная гигиена

USING MUSIC FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL CULTURE IN CHILDREN WITH COMPLEX DISTURBANCES

Molodtsova I.A., Malkova T.P.

Volgograd State Social and Pedagogical University, Volgograd, e-mail: irina.molodtsova@outlook.com

The purpose of government programs is to improve the quality of life of citizens through the use of secure information and telecommunication technologies, the emergence of digital space in education, the rapid introduction of digital technologies in the social sphere, creation of comfortable conditions and opportunities for self-realization and disclosure of talent, upbringing of harmoniously developed and socially responsible personality based on moral values, historical and national-cultural traditions. At least 30 % of the population aged 6 to 16 years should be covered by the results of the implementation of the measures. A special category is children with disabilities, including those with visual and hearing impairments. Auditory perception plays an important role in obtaining, assimilating, storing information during their training and upbringing. Music develops auditory perception, creative abilities, and helps to master the information space. Modern society is characterized by a wide use of digital information technologies in the education of people with disabilities. Various technical tools and systems are used to transmit music. The use of computer technologies increases the effectiveness of the corrective effect of music on the development of auditory perception in children with developmental disabilities. In this regard, the development of information hygiene as an element of digital culture is relevant.

Keywords: digital culture, children, complex developmental disorders, musical and auditory perception, information space, information hygiene

Одной из сложных проблем в современной России является проблема развития цифровой культуры у детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). По официальным данным в дошкольных образовательных организациях в 2017 г. числилось 557849 воспитанников с ОВЗ и инвалидностью. Как правило, дети имеют не одно, а несколько расстройств, которые затрудняют компенсацию и социальную адаптацию ребенка [1, 2].

Проблемам общего и специального (коррекционного) образования посвящены работы Бабаевой Т.И., Баряевой Л.Б., Войлоковой Е.Ф., Гаврилушкиной О.П., Головчиц Л.А., Екжановой Е.А., Комаровой Т.С., Шипицыной Л.М.; психолого-педагогического сопровождения – Александровской Э.М., Битяновой М.Р., Волковской Т.Н., Забрамной С.Д., Казаковой Е.И., Левченко И.Ю., Приходько О.Г., Стребелевой Е.А.; системного анализа педагогических явлений – Барановой М.Л., Беспалько В.П., Зимней И.А., Логиновой В.И., Сластениным В.А., Субетто А.И., Щедровицким Г.П., Якуниным В.А.; инвалидности как социального феномена – Бариновой В.Г., Бергер П., Бурдье П., Вебер М., Дюркгейм Э., Лукман Т., Мертон Р.; социализации детей с ограниченными возможностями здоровья – Андреевой Г.Н., Добровольской Т.А., Жигоревой М.В., Ковалевой А.И., Лев-

ченко И.Ю., Ростимашвили Л.Н., Шабалиной Н.Б., Юлдашевой О.Н. [3, 4]; детей с нарушениями зрения и слуха – Аксенова Л.И., Андреева Л.В., Апраушев А.В., Мещеряков А.И., Назарова Н.М., Скороходова О.И., Соколянский И.А., Феоктистовой В.А.; восприятия аудиальной и визуальной информации – Кандел Э., Грингард П., Карлссон А.; цифровой культуры и музыки – Галкин Д.В., Громадин В.В., Денисова А.В., Ерохин С.В., Козловской Г.Ю., Тиньковой Е.Л., Хроленко А.Т., Ханолайнен Д.П., Черных С.И.; информационной гигиены – Богдановой А.Н., Гилигашвили Л.Ю., Ереминым А.Л., Максимовой Е.А., Сливиной Л.П., Сысоевой П.В. [5–7].

Однако существуют противоречия в ряде теоретических и практических работ. Многочисленные исследования свидетельствуют о неоднородности этой группы детей из-за количества, степени выраженности, сочетаний нарушений, и отсутствии единой классификации, включающей этиопатогенетические факторы, структуру сочетаний, число первичных нарушений; увеличении лиц с несколькими дефектами и отсутствии для них дошкольных учреждений, что влечет направление ребенка по наиболее выраженному или тяжелому первичному дефекту. Последнее десятилетие характеризуется необычной ситуацией: изменяются привычные способы получения знаний, виртуализируются связи между людьми и информационными средами, возникает единое цифровое образовательное пространство с мгновенным доступом к любой информации. Его появление привело к развитию цифровой культуры, основанной на новых элементах – информационная гигиена, и ее новых средствах – цифровая музыка. Привычные критерии оценки и аналитические подходы в образовании оказываются недостаточными для работы в новых культурных условиях. Социальная среда значительно влияет на развитие и формирование личности ребенка, что требует по-другому использовать потенциал, который есть у образования, в том числе – технические и культурные возможности. Цифровая музыка, основанная на цифровой передаче данных, обладает рядом преимуществ перед традиционной (аналоговой), которые важны при обучении детей с нарушением слуха и зрения: большая скорость передачи информации и идентичность, меньшие потери и искажения звука, совместимость оборудования, свободное распространение, равный доступ для лиц с различным состоянием здоровья, расширение культурного многообразия произведений. Для ее передачи могут использоваться средства цифровой культуры – звукоусиливающая аппаратура, системы информатизации, устройства приема, передачи и обработки информации. Федеральный проект «Цифровая образовательная среда» предусматривает внедрение адаптивных, практико-ориентированных и гибких образовательных программ, разработку и внедрений моделей цифровой образовательной среды и цифрового образования. Несмотря на большое количество теоретических и практических работ проблема использования музыки для развития цифровой культуры у детей с комплексными нарушениями в развитии в современных условиях требует дальнейшего исследования.

Цель исследования: обосновать необходимость использовать цифровую музыку для развития цифровой культуры у дошкольников с комплексными нарушениями в условиях цифровой образовательной среды.

Материалы и методы исследования

В основу исследования положен комплексный подход. Использовали методы: абстрагирование, синтез, аналогия, анализ, формализация, обобщение, сравнение. Для выбора групп наблюдения, типа образовательного учреждения анализировали официальные данные, для определения средств педагогического коррекционного воздействия – опыт работы сурдопедагогов, тифлопедагогов, дефектологов муниципальных дошкольных образовательных учреждений «Детский сад № 71 Центрального района Волгограда», «Детский сад № 283 Краснооктябрьского района Волгограда», электронные социальные паспорта учреждений (https://oshkole.ru/orgs/226/special/ и http://detsad283.vlg-ktu.ru/ соответственно). Группы наблюдения составили 54 ребенка 4–7 лет, из них: с нарушением слуха – 30 человек (18 человек использовали заушные цифровые слуховые аппараты, 12 человек – системы кохлеарной имплантации); с нарушением зрения – 24 человека. Сравниваемые группы были сопоставимы по социально-экономическим характеристикам семейного микросоциума. Отношение к музыке в семье оценивали по результатам анкетирования родителей дошкольников. Для создания цифровой образовательной среды при воспроизведении музыкальных произведений использовали цифровые информационно-технические устройства: мобильный телефон, персональный компьютер, бумбокс с портом для подключения USB flesh-накопителя. Математико-статистическая обработка данных проводилась на IBM PK с использованием табличного процессора Excel и статистического пакета «Statistica 6.0».

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно Государственному докладу о положении детей и семей, имеющих детей, в Российской Федерации в 2017 г., численность детского населения (0–17 лет) на начало 2018 г. составляла 29980680 человек, из них: дети школьного возраста (7–17 лет) – 56,33 %, дошкольного (0–6 лет) – 43,67 % (16887791 человек и 13092889 человек соответственно, $p < 0,05$). С 2015 г. по 2017 гг. число детей с ограниченными возможностями здоровья и инвалидностью в образовательных организациях, реализующих образовательные программы дошкольного образования и осуществляющих присмотр и уход за детьми, увеличилось на 37,67 % ($p < 0,05$). Аналогичная ситуация отмечалась в Волгоградской области [1, 8, 9]. Нарушение сенсорных систем зрения и слуха оказывает влияние на всю психическую деятельность ребенка. Условия обучения и воспитания таких дошкольников включают использование специальных образовательных программ и методов, технических средств обучения и звуковых средств воспроизведения информации с учетом нарушений, рекомендаций психолого-медико-педагогической комиссии, индивидуальных особенностей ребенка.

Обследование дошкольников с нарушением слуха проходило в следующих направлениях: 1 – оценка остаточного слуха, 2 – восприятие на слух эталонных звуков, 3 – умение выделять шумы окружающего информационного пространства (колокольчик, дождь), 4 – уровень речи. Для оценки остаточного слуха использовали: средний показатель порога слуха на правое ухо – 86,3 дБ, на левое ухо – 88,2 дБ; процент потери слуха – 97–100 %; в зависимости от используемой классификации – IV степень тугоухости (по Международной аудиологической классификации) или глухота (по медико-педагогической классификации) [10, с. 10]. Без слуховых аппаратов дети различали звуки барабана, бубна, дудки, не могли выделить шум колокольчика и дождя. По уровню речевого развития (методики Е.Г. Речицкой, Е.В. Пархалиной) детей с нарушением слуха условно разделили на группы: 7 человек (23,33 %) – с высоким; 21 человек (70 %) – средним, преобладающим; 2 человека (6,67 %) – с низким уровнем. Среди детей, которые использовали слуховые аппараты (18 человек) высокий уровень речевого развития имели 3 человека (16,67 %), средний – 13 человек (72,22 %), низкий – 2 человека (11,11 %). В группе детей после кохлеарной имплантации (12 человек) высокий уровень речевого развития имели 4 человека (33,33 %), средний – 8 человек (66,67 %), низкий – 0 (0 %) человек. Основные нарушения устной речи: ограниченный словарный запас, недостатки произношения, недостаточное усвоение звукового состава слова, неточное понимание и неправильное употребление слов. Для восприятия музыки используют звукоусиливающую аппаратуру коллективного пользования («Соло», «Сонет»), игровые музыкальные имитационные тренажеры со световой индикацией.

Обследование дошкольников с нарушением зрения проходило в двух направлениях: 1 – восприятие на слух эталонных звуков, 2 – умение выделять шумы окружающего информационного пространства (колокольчик, дождь, шум рвущейся бумаги и другие). Полученные результаты обследования старших дошкольников достоверно не отличаются от данных обследования младших школьников [11, с.166]. Анализ полученных результатов позволил выделить группы слабовидящих детей с разным слуховым восприятием: в первой – малыши не узнали все звуки и шумы (7 человек, 29 %), во второй – делали ошибки при распознавании на слух звуков и шумов (10 человек, 42 %), в третьей – без ошибок назвали предъявляемые звуки и шумы (7 человек, 29 %). Дошкольники с нарушением зрения поразному реагировали при прослушивании музыкальных произведений. Дети первой группы – не проявляли интерес, испытывали трудность при определении характера музыкальных произведений; второй – иногда радовались знакомым музыкальным произведениям, но ошибались в определении их характера; третьей – быстро узнавали знакомую музыку, с удовольствием ее слушали и рассуждали при прослушивании музыкальных отрывков.

Основной задачей коррекционно-воспитательной работы является поиск оптимального соотношения образовательной нагрузки, воспитательных мероприятий и сохранения здоровья. В течение 2017–2018 учебного года в детских садах были реализованы коррекционные программы для развития цифровой культуры. Обязательными условиями являлись совместная деятельность музыкального руководителя, воспитателей, тифло- и сурдопедагогов, родителей; учет индивидуальных особенностей дошкольников; использование аппаратных и программно-технических устройств.

Подбор музыкального репертуара при нарушении слуха осуществляли в соответствии с парциальной программой «Ладушки» (И.М. Каплунова, И.А. Новоскольцева,

2010 г.) [12], адаптированой к данному контингенту детей; музыкального ряда при нарушении зрения – по авторской программе «Мастерская юных художников» (Федякина Г.Г., 2014). Эти программы предусматривают выбор музыкальных произведений, подбор словаря, использование различных дидактических средств. В программе Федякиной Г.Г. (2014 г.) выделено несколько видов рядов (музыкальный, зрительный); вариабельность подбора музыкального ряда; использование его отдельно или вместе со зрительным (иллюстрации, репродукции картин, отрывки из мультфильмов, муляжи, игрушки), неречевыми звуками (шум моря, дождя, голоса животных и птиц) и словарем; четко прописаны возможные сочетания для усиления коррекционного воздействия. Следует отметить использование в группе слабовидящих более сложных музыкального ряда (Н. Римский-Корсаков «Сцена преследования Снегурочки Мезгирём» из оперы «Снегурочка», П. Чайковский «Осенняя песнь», А. Вивальди «Времена года», Ф. Шуберт «Вечерняя серенада», И. Глазунов «Иней» из балета «Времена года» и другие) и словаря к каждому занятию (выдувание, узоры разных народов, натюрморт, палитра, перспектива, цветовой тон, уравновешенная композиция и др.).

Для развития цифровой культуры использовали различные способы исполнения музыкальных композиций, сочетания инструментов с готовой неизменяемой фонограммой, синхронизируемой с ними фонограммой или с партитурой, генерируемой в реальном времени на основе партии инструмента, исполнение на специально созданных программных или аппаратных инструментах. Передача музыки с помощью цифровых технических устройств позволила использовать для музыкального ряда больше произведений, компоновать их в необходимой последовательности, слушать с прерванной части или отрывка, в разных ситуациях (во время приема пищи, при засыпании, зарядке).

Учет влияния разных видов информации, в том числе музыкальной, особенностей ее восприятия ребенком в процессе обучения и воспитания, разработка мер по оптимизации информационно-интеллектуальной деятельности у детей разных возрастных групп с разными возможностями здоровья являются необходимыми условиями успешного воздействия педагога-дефектолога на ребенка с ограниченными возможностями здоровья. На занятиях дошкольники учились слушать звуки окружающего мира, ориентироваться в их разнообразии; слышать музыкальный звук, воспринимать и различать его высоту, тембр, силу и продолжительность с использованием электронных и информационных ресурсов с аудио-, текстовой и визуальной информацией; определять инструменты, тембр которых соответствовал характеру звучащей музыки.

Результаты контрольного эксперимента подтвердили эффективность проделанной работы. Все дети с нарушением слуха имели высокий и средний уровни речевого развития (23,33 % и 76,67 % соответственно). Детей, имеющих низкий уровень речевого развития, в ходе проведения контрольного эксперимента не выявлено. Следует отметить, что дети со средним уровнем речевого развития могут ответить на большее количество вопросов, выполнить большее количество поручений и отчитаться об их выполнении.

Большинство воспитанников с нарушением зрения, принимавших участие в формирующем эксперименте, быстро узнавали все эталонные звуки и шумы окружающего пространства, сравнивали звуки и шумы с другими, правильно соотносили с источником звука или шума на картинке, с удовольствием рассуждали о прослушанной музыке (70,83 % против 29,17 %; $p < 0,05$). Все дети стали без ошибок указывать направление источника звука в пространстве. Использование компьютерных технологий повысило эффективность коррекционного воздействия музыки на развитие слухового восприятия, помогло ребенку донести до других людей свои мысли и чувства, приобрести навыки и знания, развить активность и инициативность, умение встраиваться в социальные отношения, использовать и анализировать информацию от разных источников. Следует отметить, что один ребенок отказывался слушать классическую музыки, что привело к перестройке музыкального ряда и замене музыкальных произведений во время занятия с помощью цифровых программно-технических устройств.

Одним из условий нормального развития и воспитания ребенка является взаимодействие в системе «родители – ребенок – педагог» [13, 14]. Анкетирование выявило, что в семьях детей с нарушением слуха большинство родителей слушают различные музыкальные произведения вместе с детьми (23 семьи, 76,67 %; $p < 0,05$). Из них, 63,33 % родителей (19 семей) предпочтение отдают детской и эстрадной, а 13,34 % (4 семей) – классической музыке. В остальных семьях (23,33 %; 7 семей) родители не уделяли внимания развитию слухового восприятия через музыку ($p < 0,05$).

Следует отметить, что в 100% семей детей после кохлеарной имплантации родители слушают музыку вместе с малышами.

Беседа с воспитателями выявила, что детские музыкальные инструменты есть только в детском саду для проведения занятий. Во всех семьях (100%) для воспроизведения музыкальных произведений в домашних условиях использовали информационно-технические устройства – мобильные телефоны, персональные компьютеры, планшеты.

Заключение

Музыка как элемент цифровой культуры является эффективным средством формирования речи, ценностного эмоционально-положительного отношения, социализации ребенка с нарушением слуха и зрения. У детей с комплексными нарушениями в развитии навыки цифровой культуры формируются в ходе специально организованных занятий, позволяющих усовершенствовать образовательный процесс путем использования современных цифровых технологий. Их внедрение в образовательные программы позволит создать условия для цифровизации образовательного процесса в соответствии с основными задачами, условиями и особенностями функционирования цифровой образовательной среды дошкольного уровня образования, повысить эффективность здоровьесберегающего компонента обучения за счет применения средств информационной гигиены (цифровой музыки) как элемента цифровой культуры при их адаптации к возможностям детей, обеспечить реализацию федерального проекта «Цифровая образовательная среда». Неоднородность детского контингента, сложность структуры дефектов определяют необходимость скоординированного взаимодействия специалистов разного профиля. Необходимо использовать представленный опыт работы сурдопедагогов и тифлопедагогов в других образовательных учреждениях для успешной социализации детей с разным уровнем здоровья в современных условиях.

Авторы выражают признательность руководителям и сотрудникам образовательных учреждений за помощь при подготовке материала к публикации: Малюгиной М.Н., Федякиной Г.Г., Переходовой М.Н., Косачевой О.А.

Список литературы

1. Государственный доклад о положении детей и семей, имеющих детей, в Российской Федерации в 2017. М., 2018. 374 с.

2. Жигорева М.В., Левченко И.Ю. Дети с комплексными нарушениями развития: диагностика и сопровождение. М.: Национальный книжный центр, 2016. 208 с.

3. Громадин В.В. Феномен музыки цифрового века: вопросы теории: автореф. дис. ... канд. искусствоведения. Москва, 2010. 26 с.

4. Юлдашева О.Н. Семейная социализация детей с ограниченными физическими возможностями: условия и факторы: автореф. дис… канд. соц. наук. Уфа, 2010. 24 с.

5. Сливина Л.П., Молодцова И.А. Социально-педагогическое сопровождение детей-инвалидов с комплексными нарушениями в развитии в современных условиях как проблема // Научные исследования и разработки. Социально-гуманитарные исследования и технологии. 2017. № 2. С. 83–87.

6. Феоктистова В.А. Развитие навыков общения у слабовидящих детей. СПб.: Речь, 2005. 128 с.

7. Головчиц Л.А. Теоретические и методические подходы к дошкольному воспитанию и обучению детей с недостатками слуха при комплексных нарушениях развития. М.: МОСУ, 2006. 155 с.

8. Волгоградская область в цифрах. 2018: краткий сборник. Волгоград: Волгоградстат, 2019. 380 с.

9. Доклад о деятельности уполномоченного по правам ребенка в Волгоградской области в 2018 г. Волгоград, 2019. 189 с.

10. Ярикова С.Г., Молодцова И.А., Сливина Л.П. Технологии диагностики, коррекции и профилактики нарушений слуха у детей разных возрастных групп. Волгоград, 2013. 154 с.

11. Малкова Т.П., Фуреева Л.П., Зубкова В.П. Освоение окружающего пространства младших школьников через развитие музыкально-слухового восприятия // Казанский педагогический журнал. 2018. № 1. С. 166–168.

12. Каплунова И.М., Новоскольцева И.А. Ладушки: программа по музыкальному воспитанию. СПб., 2010. 34 с.

13. Баринова Г.В. Инвалидность как социальный феномен современного российского общества: социально-философский анализ: автореф. дис. ... докт. философ. наук. Москва, 2015. 51 с.

14. Юлдашева О.Н. Семейная социализация детей с ограниченными физическими возможностями: условия и факторы: автореф. дис. ... канд. социол. наук. Уфа, 2010. 25 с.

УДК 379.852

СОЗДАНИЕ ТУРИСТСКО-ЭКСКУРСИОННОГО МАРШРУТА НА БАЗЕ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ГОРОДА ВЕЛИКИЕ ЛУКИ

Смирнова Е.Ю., Лазарева Н.В.

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки, e-mail: lenhicpress@mail.ru

В современных условиях объекты культурно-исторического наследия становятся полноценным компонентом общества, который определяет уровень духовности и от которого зависит будущее человечества. Статья посвящена изучению студентами академии физической культуры и спорта г. Великие Луки ценностей и традиций культурно-исторического наследия на муниципальном уровне. Раскрыты теоретические аспекты историко-культурного наследия. Проанализировано состояние историко-культурного наследия г. Великие Луки. Разработана анкета, целью которой стало изучение представлений о культурно-историческом наследии города, в котором сейчас проживают и обучаются респонденты (обучающиеся Великолукской государственной академии физической культуры и спорта (ВЛГАФК). В результате исследования были выявлены знания респондентов о людях прославивших великолукскую землю: известных писателях-земляках; улицах, в которых увековечена память о земляках; литературные произведения, воспевающие образ города, Великолукской крепости и фонтанов. По результатам исследования был разработан туристско-экскурсионный маршрут, который представляет собой пешеходную экскурсию, включающую ознакомление с тремя памятниками федерального значения и шестью регионального. Представлены современные технологии изучения объектов культурного наследия, позволяющие расширить знания обучающихся высшей школы в рамках знакомства и изучения памятников истории и культуры.

Ключевые слова: культурное наследие, туристско-экскурсионный маршрут, историко-культурные памятники, схема маршрута, сформированность знаний, технологическая карта

TOURIST AND EXCURSION ROUTE CREATION ON THE BASIS OF CULTURAL HERITAGE SITES IN VELIKIE LUKI

Smirnova E.Yu., Lazareva N.V.

Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, e-mail: lenhicpress@mail.ru

In modern conditions, objects of cultural and historical heritage become a full-fledged component of society, which determines the level of spirituality and on which the future of mankind depends. The article is devoted to the study of values and traditions of cultural and historical heritage at the municipal level by students of the higher school. Theoretical aspects of historical and cultural heritage are revealed. The state of the historical and cultural heritage of Velikiye Luki is analyzed. The questionnaire is designed to explore ideas about cultural-historical heritage of the city, which is now live and study respondents (students «velikolukskaya state Academy of physical culture and sports» (VLGAFK). As a result of the research, the respondents ' knowledge of the people who glorified the Veliky Luk land was revealed: famous writers-countrymen; streets where the memory of countrymen is immortalized; literary works in which the image of the city is glorified and the Veliky Luk fortress is glorified; fountains of the city. According to the results of the study, a tourist and excursion route was developed, which is a walking tour with the introduction of three monuments of Federal and six regional significance. Interactive technologies are presented as an innovative form of studying cultural heritage objects, students of higher education in the framework of acquaintance and study of historical and cultural monuments.

Keyword: cultural heritage tourism-guided tour, historical and cultural monuments, the scheme of the route, the formation of knowledge, technological map

Историко-культурное наследие является основой культуры общества, ее фундаментом и несёт в себе память о предшествующих поколениях.

Наследие оказывает влияние на многие сферы жизни общества, наиболее значимо оно проявляется в туризме. Ведь именно туризм помогает увидеть, познакомиться и оценить историко-культурные достопримечательности и уникальные природные объекты, что способствует духовному обогащению человека, расширению кругозора и его самосовершенствованию.

Актуальность исследования обусловлена выявленным отсутствием интереса у молодого поколения к изучению историко-культурного наследия г. Великие Луки. Для решения поставленной проблемы активизация деятельности, направленной на изучение и использование исторических объектов, в рамках тематических экскурсионных маршрутов связанных с ознакомлением студентов вузов, жителей и гостей города с наследием данного региона необходима. Формирование совокупного имиджа данной территории, как привлекательного туристского объекта, обладающего всеми средствами для организации внутреннего туризма, является возможностью приобщения молодого поколения к истории родного края.

Цель исследования: разработать туристско-экскурсионный маршрут на базе объектов культурного наследия г. Великие Луки для обучающихся Великолукской государственной академии физической культуры и спорта (далее ФГБОУ ВО ВЛГАФК).

Материалы и методы исследования:

1. Синтез.
2. Обобщение.
3. Моделирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Туристско-экскурсионный маршрут включает в себя комплекс различных видов услуг, которые предлагаются на выбор потребителям в туристических агентствах. Само понятие туристический маршрут включает в себя географически определенную территорию, привязанную к какой-либо местности с ее значимыми объектами культурного и исторического наследия. В схеме маршрута эти данные зафиксированы в деталях для знакомства с трассой похода или путешествия. Это позволяет туристам до начала похода познакомиться с маршрутом, изучить заранее спланированную трассу передвижения, спланировать временной отрезок с целью получения предусмотренных программой обслуживания дополнительных туристско-экскурсионных услуг.

Маршрутный путь следования туриста обозначается перечнем всех географических пунктов и мест с указанием видов транспорта, используемых туристом для передвижения между пунктами остановок на маршруте [1, с. 17].

Осваиваемое человеком культурное наследие имеет разные уровни репрезентации: от официально принятого мирового до микроуровня «малой родины» или культурных традиций и истории собственной семьи, которые могут быть значимы для человека не менее чем признанное мировое культурное наследие [2, с. 21].

По нашему мнению, для всестороннего развития личности необходимо не только повышать уровень культуры, но и формировать потребность к самопознанию и саморазвитию, в том числе и на основе новых знаний об исторических и культурных особенностях места проживания и обучения.

Анализ данных о поступивших в академию с 2016 по 2018 г. позволил сделать следующие выводы: 60% студентов это представители Псковской области; 40% из других регионов РФ, география которых достаточна разнообразна.

Опрос обучающихся разных направлений подготовки Великолукской академии физической культуры и спорта на предмет знаний о культурном наследии г. Великие Луки представлен в таблице.

Результаты опроса респондентов о культурном наследии, которым могут гордиться жители г. Великие Луки (n = 30)

№ п/п	Варианты ответов	Количество респондентов	%
1. Знаете ли Вы имена писателей-земляков г. Великие Луки?			
1) да		10	33%
2) нет		20	67%
2. Знаете ли Вы литературные произведения, в которых воспет образ г. Великие Луки?			
1)да		5	17%
2) нет		25	83%
3. Знаете ли Вы улицы города Великие Луки, в которых увековечена память о земляках?			
1) да		14	47%
2) нет		16	53%
4. Знаете ли Вы о местоположении фонтанов города Великие Луки?			
1) всех		10	35%
2) одного		16	53%
3) ни одного		4	12%
5. Знаете ли Вы литературные произведения, в которых прославляют Великолукскую крепость?			
1) да		1	2%
2) нет		29	98%
6. Проявляете ли Вы мотивацию на посещение учреждений культуры?			
1) да		14	45%
2) нет		16	55%

На вопрос о знаменитых писателях г. Великие Луки респонденты затруднились с ответом. Большинство респондентов – 67% – не знают имена писателей-земляков; 83% – не знают литературные произведения, в которых воспет образ г. Великие Луки. 53% респондентов – не знают улицы г. Великие Луки, в которых увековечена память о земляках. Большая часть опрошенных, 53%, знает о местоположении только одного фонтана в городе. Не знают литературные произведения, в которых прославляют Великолукскую крепость 98% респондентов; 55% не проявляют мотивацию на посещение учреждений культуры.

Результаты исследования представлений о культурном наследии г. Великие Луки, показали, что у 77% респондентов не сформированы те представления, о культурном наследии, которыми могут гордиться жители г. Великие Луки (рис. 1).

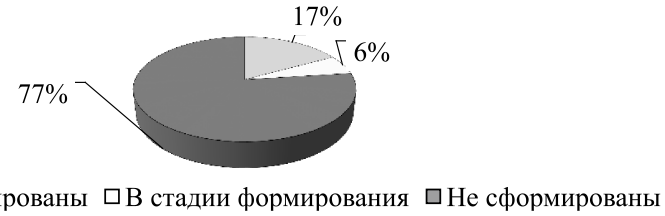


Рис. 1. Сформированность знаний о культурном наследии г. Великие Луки

Низкий уровень знаний культурного наследия говорит о том, что необходимо осуществлять целенаправленную работу по сохранению культурного наследия и передаче знаний молодому поколению через новые формы работы.

Культура воспроизводит, возрождает, развивает, заставляет задуматься о том, что сегодня более значимо, какие образцы и нормы поведения приняты обществом. Культура и возникает на «образцах» тогда, когда происходит осознание своей принадлежности к ней, т.е. к культурной идентичности [3, с. 203].

Таким образом, создается система взаимосвязей между культурой, наследием и информацией, которая обеспечивает воспроизводство культурных ценностей для новых поколений человечества.

Культурное наследие содержит в себе мощный ресурс для достижения образовательных целей того поколения, которое живет сегодня.

Великие Луки – это город с богатым историческим прошлым, памятниками и историко-культурными объектами [4].

На территории г. Великие Луки Псковской области находится 50 объектов, внесенных в Единый государственный реестр объектов культурного наследия народов Российской Федерации. Из них 48 памятников, 1 – ансамбль и 1 достопримечательное место. Из данного реестра 6 объектов культурного наследия имеют федеральное значение, а 44 являются объектами регионального значения [5].

Для наилучшего информирования студентов вуза о культурном наследии г. Великие Луки был разработан туристско-экскурсионный маршрут на базе 3 объектов федерального значения и 6 объектов регионального значения. Основными потребителями проектируемой нами экскурсии являются студенты ФГБОУ ВО ВЛГАФК (с 17 до 20 лет), имеющие различную мотивацию.

Была разработана технологическая карта, намечен путь экскурсии с порядком перемещения экскурсионных групп по объектам культурного наследия г. Великие Луки, начиная с исходной точки пункта отправления и заканчивая конечным пунктом экскурсии. Продолжительность маршрута составила 3 часа. Разработаны краткие исторические справки объектов туристско-экскурсионного маршрута.

Содержание, специфика методики проведения экскурсии и этапы.

I этап.

Сбор участников проводился в актовом зале ФГБОУ ВО ВЛГАФК.

Показ презентации «От Великолукского реального училища к Великолукской академии физической культуры и спорта» (слайд-шоу фотографий с комментариями).

При создании слайд-шоу были отобраны фотографии с изображением здания в различные периоды времени и добавлены музыкальные произведения, в которых воспет образ города.

Перед началом показа экскурсантам были поставлены несколько (3–5) ключевых вопросов по данной тематике, а после просмотра проведен блиц-опрос, построенный с использованием тестовой методики и выборочным методом ответов. По окончании презентации, совместно со студентами, были подведены итоги и озвучены выводы.

Группа экскурсантов организованно переходит в здание бывшего Приходского училища, ныне 2-й корпус ВЛГАФК, находящийся на территории академии.

Проводится самостоятельная работа по изучению истории здания бывшего Приходского училища по альбому-книге «По страницам истории» (книга создана из фотографий с описанием основных исторических сведений о здании Приходского училища). Прочтение книги-альбома осуществляется желающими студентами. В заключительной части экскурсантам предлагается ответить на вопросы кроссворда с целью закрепления полученных знаний.

II этап.

Подготовка к пешеходному маршруту. Экскурсантам предлагалось по своему усмотрению разделиться на две группы. Каждой группе (А и Б) были представлены карты туристско-экскурсионного

маршрута (рис. 2 и рис. 3), а также краткие исторические справки об объектах культурного наследия. Продвижение по намеченному маршруту сопровождалось остановкой у объектов, осмотром и изучением истории по краткой справке, которую предлагалось зачитать участникам маршрута.

Объекты культурного наследия туристско-экскурсионного маршрута [6]:

1. Здание реального училища построено в XIX в., реконструировано в 1904–1905, перестроено по новому проекту в 1946–1948 гг.

2. Здание приходского училища (Юбилейная, д. 4, корп. 1). Первым светским учебным заведением в Великих Луках было малое народное училище, которое начало существовать с 22 сентября 1790 г.

3. Жилой дом купца Демешко (пр-т Ленина, д. 21/13). Единственное здание Великих Лук, практически не пострадавшее в годы Великой Отечественной войны. До революции дом принадлежал купцу Андрею Ульяновичу Демешко, происходившему из крестьян.

Рис. 2. Карта маршрута А

Рис. 3. Карта маршрута Б

3. Могила А.М. Матросова (площадь А. Матросова). Памятник сооружён на могиле героя, чьи останки в июне 1948 г. были перенесены в Великие Луки из-под д. Чернушки (ныне это территория Локнянского района), где А. Матросов геройски погиб и был первоначально похоронен.

4. Памятник-танк в честь героических подвигов воинов-танкистов, принимавших участие в освобождении г. Великие Луки в 1943 г. (крепость).

5. Земляная крепость, построенная по приказу Петра I в 1704–1708 гг. в связи с опасностью вторжения войск короля Карла XII (левый берег реки Ловать, к югу от улицы Розы Люксембург).

6. Бюст дважды Героя Социалистического Труда академика И.М. Виноградова (сквер у перекрестка пр. Ленина и ул. Ставского).

7. Мемориальный дом-музей академика И.М. Виноградова (Ставского ул., 48). Этот дом является единственным в России музеем, посвященным академику И.М. Виноградову. В музее хранятся подлинные вещи, принадлежавшие учёному и его семье.

8. Училище духовное (улица Ставского, 63/4). Великолукское духовное училище готовило низших церковнослужителей.

Схема туристско-экскурсионного маршрута построена таким образом, что группы встречаются в Великолукской крепости.

III этап.

Проведение игры «Реконструкция крепости» длительность 15–20 минут.

В игре принимают участие две команды, которые пришли в крепость разными маршрутами с посещением достопримечательностей включенных в туристско-экскурсионный маршрут. Игра начинается с представления командами названия и девиза, которые должны отражать тематику экскурсии. Время на подготовку – 2 минуты.

Команды получают схему-карту великолукской крепости с обозначенными на ней объектами. Участникам выдаются флажки с изображением зданий и сооружений, которые когда-то находились в Великолукской крепости. По сигналу команды должны сориентироваться на местности и в максимально короткое время расставить флажки в соответствии с их местом назначения. Далее идет обсуждение и подведение итогов.

Экскурсия заканчивается в 1 корпусе великолукской академии физической культуры и спорта обсуждением в виде дискуссии на тему «Наследие Великих Лук».

Заключение

Разработанный туристско-экскурсионный маршрут на базе объектов культурного наследия для обучающихся ФГБОУ ВО ВЛГАФК может стать основой для системного решения выявленной проблемы и способствовать изучению и реконструкции исторических объектов г. Великие Луки.

Применение современных педагогических технологий (слайд-шоу, блиц-опрос, игра, дискуссия) позволил более эффективно осуществить подачу материала, а используемые приемы взаимодействия участников на всем маршруте экскурсии способствовали созданию условий для более полного усвоения материала, в том числе на основе сочетания двигательной и умственной активности.

Список литературы

1. Биржаков М.Б. Введение в туризм. М.: «Издательский Дом ГЕРДА»; СПб.: Изд-во «Невский Фонд», 2014. 544 с.

2. Семенов В.И., Семенова Е.В. Образовательный потенциал культурно-исторического наследия Енисейска. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2017. С. 21.

3. Никонова А.А. Культурное наследие и формирование идентичности // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2009. № 6. С. 203–204.

4. Лукиград: история Великих Лук и окрестностей [Электронный ресурс]. URL: https://lukigrad.ru (дата обращения: 11.01.2020).

5. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации [Электронный ресурс]: федеральный закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ: официальный сайт компании «КонсультантПлюс». [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 11.01.2020).

6. Памятники истории и культуры Псковской области: энциклопедический справочник. [Электронный ресурс]. URL: http://www.opskove.ru/?lc=ru (дата обращения: 11.01.2020).

УДК 376.3:372.851

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОБЛЕМЫ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ТЯЖЁЛЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ К РЕШЕНИЮ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Тишина Л.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический университет», Москва, e-mail: tishinala@mgppu.ru

В статье затронута проблема формирования базовых предпосылок, обеспечивающих решение простых арифметических задач младшими школьниками с нарушениями речи. В ходе сравнительного исследования, в котором приняло участие 320 детей школьного возраста: 170 обучающихся с тяжёлыми нарушениями речи и 150 нормотипичных школьников – были изучены способности к пониманию, восприятию и обработке учебной информации по математике. Основной этап экспериментального исследования содержал экспериментальные задания, которые были направлены на изучение вербальных и невербальных компонентов речемыслительной деятельности и навыков решения арифметических задач. Количественный и качественный анализ полученных результатов позволил выделить ряд существенных особенностей выполнения заданий в каждой из обследуемых групп школьников. Результаты исследования позволили расширить имеющиеся данные новыми представлениями о специфических особенностях когнитивно-языковой способности у учащихся с тяжёлыми нарушениями речи, проявляющиеся в нарушениях восприятия, воспроизведения, обработке, декодированию учебной информации на стыке лингвистического и математического мышления. В ходе констатирующего эксперимента результату качественного анализа позволили условно разделить всех учащихся на три группы по уровню развития вербально-логического мышления, что позволит использовать полученные данные при построении коррекционной работы. Автор предполагает, что результаты экспериментального исследования могут быть использованы для проектирования и реализации программы коррекционной работы в системе индивидуального и фронтального обучения.

Ключевые слова: тяжелые нарушения речи, решение арифметических задач, понимание текста, вербально-логическое мышление, вербальный интеллект, невербальный интеллект, лингвистическое мышление, математическое мышление, ограниченные возможности здоровья, особые образовательные потребности, обучающиеся с проблемами в развитии

SYSTEM APPROACH TO ANALYSIS OF THE READINESS PROBLEM OF STUDENTS WITH SEVERE SPEECH DISORDERS TO THE SOLUTION OF ARITHMETIC PROBLEMS

Tishina L.A.

Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, e-mail: tishinala@mgppu.ru

The article touches upon the problem of the formation of basic prerequisites for solving simple arithmetic problems by younger students with speech impairments. In a comparative study in which 320 school-age children took part: 170 students with severe speech impairments and 150 norm-typical schoolchildren, the abilities to understand, perceive and process educational information in mathematics were studied. The main stage of the experimental study contained experimental tasks that were aimed at studying the verbal and non-verbal components of speech and thought activity and skills for solving arithmetic problems. A quantitative and qualitative analysis of the results made it possible to identify a number of significant features of the tasks in each of the examined groups of students. The results of the study allowed expanding the available data with new ideas about the specific features of cognitive-linguistic ability in students with severe speech impairment, manifested in impaired perception, reproduction, processing, decoding of educational information at the intersection of linguistic and mathematical thinking. In the course of the ascertaining experiment, the result of the qualitative analysis was allowed to conditionally divide all students into three groups according to the level of development of verbal-logical thinking, which will allow using the data obtained in constructing correctional work. The author suggests that the results of an experimental study can be used to design and implement the program of correctional work in the system of individual and frontal training.

Keywords: severe speech impairment, arithmetic problem solving, text comprehension, verbal-logical thinking, verbal intelligence, non-verbal intelligence, linguistic thinking, mathematical thinking, limited health, special educational needs, students with developmental problems

На этапе развития современного образования математике, как учебному предмету, отводится ведущая роль, поскольку, являясь фундаментом формирования общей культуры и когнитивного развития, математические знания и представления служат опорой для усвоения практически всего комплекса учебных дисциплин. Проблема формирования математических представлений у обучающихся с особыми образовательными потребностями в условиях инклюзивного образования вызывает особый интерес в теории и практике общей и специальной педагогики.

В исследованиях Р.Е. Левиной, Л.Ф. Спировой, Т.В. Тумановой, Т.Б. Филичевой, Г.В. Чиркиной, С.Н. Шаховской и др. достаточно широко представлена характеристика особенностей развития функционального базиса речи, специфики формирования ре-

чемыслительной деятельности, многочисленных компонентов психологической и педагогической готовности к школе, которые требуют специального персонифицированного подхода к обучению детей с тяжёлыми нарушениями речи.

Формирование математических навыков требует наиболее высокой степени абстракции мыслительных операций и предполагает тесную связь вербальных и невербальных компонентов речемыслительной деятельности.

В зарубежных и отечественных исследованиях представлены различные авторские позиции об определении зависимости языковых и интеллектуальных нарушений, что является особенно актуальным при обучении детей с системным недоразвитием речи. Так, например, Н.С. Лакме, Р. Эфрон никак не связывают между собой специфичность речевых нарушений и уровень интеллектуального развития. Авторы считают, что речевые нарушения системного характера могут быть обусловлены «недостаточностью общего познавательного развития по механизму «социальной депривации». Но чаще в психологических исследованиях подчеркивается вторичность нарушений когнитивного развития в сравнении с речевым.

В этой связи значимыми являются мультидисциплинарные отечественные исследования о предпосылках формирования математических навыков (Т.В. Ахутина [1], Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, А.Н. Леонтьев, А.Р. Лурия, Л.С. Цветкова и др.); о процессах формирования понятия о числе и счётных операциях (В.В. Давыдов, А.М. Леушина, Л.С. Метлина и др.); о профилактике и коррекции дискалькулии (Л.Б. Баряева [2], А.В. Белошистая [3], Р.И. Лалаева, Н.А. Менчинская, М.Н. Перова, В.В. Эк и др.). Особо следует отметить исследования, связанные с изучением условий, форм и методов формирования элементарных математических представлений у детей с речевыми и интеллектуальными нарушениями (Т.В. Алышева [4], В.А. Крутецкий, Р.И. Лалаева, М.Н. Перова, С.Я. Рубинштейн, А.А. Хилько, Ж.И. Шиф, В.В. Эк и др.).

Отмечая вторничные нарушения интеллекта у детей с тяжёлыми нарушениями речи, И.Т. Власенко, Г.В. Гуровец, С.Н. Шаховская и др. не установили положительной корреляции между уровнем недоразвития компонентов языковой системы и интеллекта. В большинстве случаев исследователи отмечают отсутствие целостности и системности в усвоении знаний, фрагментарность мышления, специфичность понимания сложных логико-грамматических конструкций и причинно-следственных связей.

О.Н. Усанова и Т.Н. Синякова [5] объясняют косвенную зависимость уровня речевого развития и специфики невербального интеллекта возможным нарушением регулирующей функции речи.

Исследования Л.А. Тишиной [6–8] доказали, что показатели невербального интеллекта у младших школьников с тяжёлыми нарушениями речи значительно выше, чем вербального, и в ряде случаев достигают уровня возрастной нормы. Имеющиеся особенности оказывают влияние на овладение учебной математической лексикой, восприятие текста простых и составных задач, чтение и запись математических выражений, комментирование учебных математических операций, что делает практически невозможным процесс интериоризации.

Вместе с тем требования к математической подготовке будущих первоклассников неуклонно повышаются. Навык решения простых задач на нахождение суммы и остатка в настоящее время является необходимым условием усвоения курса математики в начальной школе, а задачи, связанные с усвоением косвенных отношений, определяют уровень развития вербально-логического мышления.

Анализ теоретических источников позволил нам выявить противоречие между необходимостью усвоения схемы решения простой математической задачи, с одной стороны, и трудностями формирования когнитивно-языковых предпосылок, обеспечивающих усвоение программного материала детьми с речевыми нарушениями – с другой [9]. Кроме того, до сих пор остается недостаточно изученным вопрос методики обучения дошкольников с недоразвитием речи решению математических задач, так как решение последних представляет собой наиболее сложный аналитический материал из всего, изучаемого в дошкольный период [10].

В условиях инклюзивного образования компетентностный подход и система оценки универсальных учебных действий обучающихся с тяжелыми нарушениями речи определяют ряд специфических задач, которые требуется решать учителю на каждом из уроков:

1. Определить коррекционно-развивающие возможности уроков математики и их роль в социальной адаптации обучающихся с тяжёлыми нарушениями речи с целью формирования метапредметных компетенций младших школьников.

2. Проанализировать специфику усвоения учебных понятий, характерную для

обучающихся с разным уровнем речевого развития, с целью осуществления индивидуально-дифференцированного подхода к организации коррекционно-развивающего обучения.

3. Определить предметно-практическое содержание обучения математике с целью формирования системы учебных знаний у обучающихся с тяжёлыми нарушениями речи.

4. Уточнить общие и частные методы и приёмы обучения с целью определения тактики и стратегии формирования конкретных учебных действий.

Особого внимания заслуживает словарная работа на уроках математики, поскольку виды и приёмы семантизации обеспечат качество усвоения учебного материала.

На основании вышеизложенного нами определена научная проблема исследования: изучить особенности речевого развития и специфику формирования навыков интеллектуальных логических и арифметический операций у обучающихся с тяжелыми нарушениями речи различного генеза.

Тема исследования представляется актуальной как для современной общей и специальной педагогики, так и для разработки конкретных технологий коррекционно-развивающей работы.

С целью изучения особенностей формирования вербально-логического мышления и способности к решению простых математических задач обучающимися с тяжёлыми нарушениями речи нами было проведено экспериментальное исследование, которое носило сопоставительный характер.

Материалы и методы исследования

В констатирующем эксперименте приняли участие 320 учащихся вторых классов общеобразовательных школ г. Москвы: 170 детей с тяжёлыми нарушениями речи, имеющими III уровень речевого развития различного генеза, и 150 школьников с нормативным речевым развитием.

Программа экспериментального исследования состояла из двух блоков заданий, направленных на изучение вербальных и невербальных компонентов речемыслительной деятельности и навыков решения арифметических задач.

Результаты исследования и их обсуждение

Качественный и количественный анализ результатов выполнения первого блока экспериментальных заданий позволил условно разделить младших школьников на группы по уровню развития вербально-логического мышления, обеспечивающего процесс усвоения учебного материала на уроках математики.

Первую группу (низкий уровень) составили обучающиеся, которые проявляли достаточный интерес к процедуре выполнения предложенных заданий, активно включались в совместную деятельность с экспериментатором. Недостатки самостоятельного планирования собственной деятельности часто проявлялись в отсутствии тактики и стратегии, перебора возможных знакомых действий, трудностями выбора верного решения логической задачи, фрагментарностью понимания инструкций и др., при постоянной вербальной и невербальной помощи и контроле со стороны экспериментатора. Младшие школьники этой группы практически неспособны к оречевлению как полного хода выполнения предложенного задания, так и вербализации его части. Употребление учебной математической лексики крайне ограничено и отличается качественным семантическим своеобразием: дети часто называют слова, которые никаким образом не соотносятся с предлагаемой ситуацией. Отмечены существенные трудности понимания обращенной речи в целом и инструкций к конкретным заданиям в частности, недостаточная сформированность операций вербального мышления, особенно понимания логико-грамматических конструкций и установления причинно-следственных связей. Увеличение объёма задания и необходимость семантической дифференциации названий приводила к резкому снижению продуктивности. Детям оказались недоступны задания, связанные с изучением уровня сформированности интеллектуальных операций анализа, синтеза, обобщения и классификации. Решение простых задач, связанных с пониманием конкретного смысла арифметических действий, обучающимся этой группы оказалось недоступно. Эту группу составили 86 учащихся с тяжёлыми нарушениями речи (50,59 % от общего числа детей этой группы).

Вторую группу (средний уровень) составили учащиеся, у которых отмечались разноуровневые вариативные специфические индивидуальные нарушения в развитии психических и речевых функций. Для обучающихся этой группы характерным признаком являлось наличие частотной учебной математической лексики, которая ситуативно соотносится с заданными учебными ситуациями. Младшие школьники владеют достаточным уровнем интеллектуальных операций анализа и синтеза, обеспечивающих практические возможности выполнения логических и арифметиче-

ских задач, но при выполнении заданий, связанных с операциями классификации, обобщения и абстрагирования, испытывают затруднения. Следует отметить, что при достаточном уровне сформированности элементарных математических представлений, понимание сложных логико-грамматических конструкций оказывается доступным на ситуативно хорошо знакомом лексическом материале. Пытаясь установить причинно-следственные связи, обучающиеся практически не владеют операцией умозаключения. Решение простых задач, связанных с усвоением зависимости между компонентами и результатом арифметических действий, оказалось доступным почти половине обучающихся, составивших эту группу (24 школьника с речевой патологией и 32 нормативно развивающихся сверстника). Поиск путей верного решения простых задач, связанных с увеличением числа в прямой форме, оказался адекватным результату только у третьей части (18 детей с тяжёлыми нарушениями речи и 23 школьника без речевой патологии). Следует отметить, что самостоятельное решение даже базовых задач, связанных с разностным сравнением двух чисел обучающимся этой группы оказалось недоступным. К этой группе на основе индивидуальных результатов были отнесены 52 школьника с тяжёлыми нарушениями речи (30,59%) и 67 детей с нормотипичным речевым развитием (44,67%).

Третья группа (высокий уровень) характеризуется достаточным уровнем развития когнитивных предпосылок усвоения математики. Учащиеся младших классов практически безошибочно выполняли задания в разных условиях предъявления. При выполнении логических заданий обучающиеся часто эффективно использовали помощь экспериментатора. Математический учебный словарь (предметная учебная лексика) практически соответствует возрастной норме, но отмечаются некоторые проблемы актуализации. *У* обучающихся в достаточном объеме сформированы базовые математические представления, которые свидетельствуют о качестве усвоения содержания учебной дисциплины. Однако нестандартные формулировки задач вызвали трудности в процессе выполнения. Способы решения простых задач, связанных с увеличением числа в косвенной форме, оказались продуктивными только для половины детей, не имеющих речевых нарушений. Среди учащихся с тяжёлыми нарушениями речи практически никто без помощи экспериментатора не смог самостоятельно правильно выполнить задание. Эту группу составили 32 ребенка с тяжёлыми нарушениями речи (18,82%) и 83 младших школьника без речевой патологии (55,33%).

Комплексный сопоставительный анализ результатов проведённого исследования позволил оценить состояние интеллектуального и речевого развития, а также сопоставить уровень сформированности элементарных и базовых математических представлений. Проведенный качественный анализ позволил определить типологию ошибок, допущенных обучающимися при выполнении предложенных заданий. Результаты представлены в таблице.

Типология ошибок, допущенных обучающимися с нормативным и нарушенным речевым развитием

№	Тип ошибок	Учащиеся с тяжёлыми нарушениями речи		Учащиеся без речевой патологии	
		Кол-во ошибок	%	Кол-во ошибок	%
1	Нарушение понимания общего содержания инструкции	150	11,9	23	4,7
2	Застревание на способах выполнения предыдущего задания	78	6,2	16	3,3
3	Нарушение понимания значений отдельных слов в содержании задачи	110	8,7	48	9,8
4	Трудности установления причинно-следственных связей	136	10,8	67	13,7
5	Трудности понимания сложных логико-грамматических конструкций	186	14,8	79	16,1
6	Нарушение связей между условием и вопросом задачи	210	16,7	83	16,9
7	Трудности формирования счетных операций	92	7,3	29	5,9
8	Трудности формирования представлений о выборе способа решения задачи	160	12,6	93	19
9	Отсутствие смысловой догадки	138	11	52	10,6
	Всего	1260	100	490	100

Выводы

Результаты проведенного исследования позволили сформулировать следующие выводы:

– в условиях инклюзивного образования обучающихся с особыми образовательными потребностями необходим комплексный подход к отбору и использованию технологий обучения детей математике, основанный не только на специфике формирования интеллектуальных операций, но и особенностях речевого развития;

– неоднородность и вариативность уровня развития интеллектуальных операций, математических представлений, базовых учебных умений и навыков в рамках решения простых арифметических задач обучающимися с тяжёлыми нарушениями речи предполагает персонифицированный подход, в рамках которого целесообразна адаптация одних и тех же заданий с учетом индивидуальных речевых возможностей конкретного ребенка;

– при разработке методики обучения решению простых арифметических задач следует опираться на создание особых коррекционно-педагогических условий, обеспечивающих развитие лингвистического и математического компонентов мышления.

В заключение необходимо отметить, что выделенные качественные и количественные особенности когнитивно-языковой способности учащихся начальных классов с нормативным и нарушенным речевым развитием с учетом полиморфности групп позволяют наметить модель коррекционно-развивающей работы и разработать вариативную методику обучения решению простых арифметических задач.

Список литературы

1. Ахутина Т.В., Пылаева Н.М. Преодоление трудностей учения: нейропсихологический подход: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Психология» (бакалавриат, магистратура), «Клиническая психология» (специалитет) ФГОС ВО. М.: Академия, 2015. 282 с.

2. Баряева Л.Б., Кондратьева С.Ю. Дискалькулия у детей: профилактика и коррекция нарушений в овладении счётной деятельностью. Киров: МЦНИП, 2013. 78 с.

3. Белошистая А.В. Обучение решению задач в начальной школе. М.: ИНФРА-М, 2018. 281 с.

4. Алышева Т.В. Особенности обучения математике детей младшего школьного возраста с умственной отсталостью с применением новых УМК // Конференциум АСОУ: сборник научных трудов и материалов научно-практических конференций. 2015. № 1. С. 2922–2930.

5. Усанова О.Н., Синякова Т.Н. Основы невербального интеллекта при недоразвитии речи // Обучение и воспитание детей с нарушениями речи. М., 1982. С. 13–19.

6. Глухоедова О.С., Тишина Л.А. Формирование речи неговорящих детей на ранних этапах коррекционного воздействия // Педагогика. 2014. № 10. С. 53–58.

7. Тишина Л.А. Изучение смыслового компонента процесса чтения у младших школьников // Специфические языковые расстройства у детей: вопросы диагностики и коррекционно-развивающего воздействия. Методический сборник по материалам Международного симпозиума / Под общ. ред. А.А. Алмазовой, А.В. Лагутиной, Л.А. Набоковой, Е.Л. Черкасовой. 2018. С. 277–280.

8. Тишина Л.А. Междисциплинарный подход к проблеме анализа текста у учащихся с ограниченными возможностями здоровья // Межотраслевые подходы в организации обучения и воспитания лиц с ограниченными возможностями здоровья. М., 2014. С. 183–196.

9. Тишина Л.А., Артёмова Е.Э., Евтушенко И.В. Апробация новых модулей практико-ориентированной подготовки бакалавров по направлению Специальное (дефектологическое) образование: проблемы и перспективы // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. [Электронный ресурс]. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23931 (дата обращения: 11.01.2020).

10. Программа воспитания и обучения в детском саду / Под ред. М.А. Васильевой, В.В. Гербовой, Т.С. Комаровой. М.: Мозаика-Синтез, 2005. 208 с.

УДК 374.32

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ КАК КУЛЬТУРНЫЙ, НАУЧНЫЙ И ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ ШКОЛЬНИКОВ ПО ГЕОЛОГИИ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

[1]Фурсина А.Б., [2]Пинчук Т.Н., [3]Петшаковская М.Ю.

[1]Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков, Краснодар, e-mail: fursina74@mail.ru;

[2]Институт географии, геологии, туризма и сервиса Кубанского государственного университета, Краснодар, e-mail: pinchukt@mail.ru;

[3]Институт среднего профессионального образования Кубанского государственного университета, Краснодар

В работе каждого педагогического направления существует вопрос: как пробудить интерес у школьников к науке. Одной из форм воспитательной и обучающей работы с детьми являются полевые выезды и экскурсии, в ходе которых достигаются следующие цели: расширение научного и культурного кругозора, воспитание патриотизма, гордости подвигом народа в годы Великой Отечественной войны, высокой морали, любви, уважения к труду и выбору будущей профессии. Самое главное для педагога – разбудить любопытство у школьников. Необходимо направлять ребят к исследовательской работе не только теоретически, но, главное, на практике. Только через интересную информацию о геологических объектах, будь то минерал, ископаемое или геологический процесс, в результате которого образуются породы или поднимаются горные вершины, можно заинтересовать учащегося. Одним из интересных объектов для изучения геологии и истории в Краснодарском крае является урочище Поднависла. Геологический интерес представляют склоны вокруг урочища, кроме северных и юго-восточных, крутые, обрывистые, где выходят на поверхность верхнеюрские и нижнемеловые образования. Урочище имеет интересную историю героизма в годы Великой Отечественной войны и в послевоенные годы.

Ключевые слова: школьники, обучение, наука, геология, история

GEOLOGICAL MONUMENTS AS A CULTURAL, SCIENTIFIC AND HISTORICAL OBJECT IN THE RESEARCH WORK OF STUDENTS IN GEOLOGY IN THE KRASNODAR REGION

[1]Fursina A.B., [2]Pinchuk T.N., [3]Petshakovskaya M.Yu.

[1]Krasnodar Higher Military Aviation School of Pilots, Krasnodar, e-mail: fursina74@mail.ru;

[2]Institute of geography, Geology, tourism and service of Kuban State University, Krasnodar, e-mail: pinchukt@mail.ru;

[3]Institute of secondary vocational education of Kuban State University, Krasnodar

In the work of each pedagogical direction, there is a question: how to awaken the interest of students in science. One of the forms of educational and training work with children are field trips and excursions, during which the following goals are achieved: expansion of scientific and cultural horizons, education of patriotism, pride in the feat of the people during the great Patriotic war, high morality, love, respect for work and choice of future profession. The most important thing for a teacher to awaken the curiosity of students. It is necessary to direct children to research work, not only theoretically, but most importantly in practice. Only through interesting information about geological objects, be it a mineral, a fossil, or the geological process by which rocks are formed or mountain peaks are raised, can the student be interested. One of the interesting objects for the study of Geology and history in the Krasnodar region is the tract Podnapise. Of geological interest are the slopes around the tract, except for the Northern and South-Eastern, steep, steep, where the upper Jurassic and lower Cretaceous formations come to the surface. The tract has an interesting history of heroism during the great Patriotic war and in the postwar years.

Keywords: schoolchildren, education, science, geology, history

В Краснодарском крае при муниципальном бюджетном образовательном учреждении дополнительного образования детей, центр «Парус» г. Краснодара и общественной туристско-геолого-экологической организация «Тэтис» существует школа «Юных геологов», в которой преподают азы геологии различные специалисты – геологи, географы, химики, физики, работающие в разных организациях. В свое свободное время они уделяют внимание детям, проводят занятия, выезжают на геологические обнажения, помогают школьникам вести научно-исследовательскую работу.

Как правило, дети, поступающие в учреждения дополнительного образования, уже имеют мотивацию в познании в области естественных дисциплин, и задачей педагогов является поддержание и развитие их профессиональных интересов. Более по-

ловины учащихся связывают с геологией свою профессиональную судьбу, поступая в дальнейшем в профильные вузы [1, 2].

Цель работы: на примере урочища Поднависла ознакомить школьников с разделами полевых исследований, привить практические навыки геолого-разведочных работ, закрепить и пополнить теоретические знания.

Материалы и методы исследования

«Ученик – это не сосуд, который нужно наполнить, а факел, который нужно зажечь», К.Д. Ушинский. Известная многим цитата, произнесенная еще мыслителем Древней Греции Плутархом. Важно, что у цитаты есть продолжение: «А зажечь факел может лишь тот, кто сам горит». Самое главное для педагога разбудить любопытство у школьников. У молодых оно безгранично, надо только немного подтолкнуть ребят к исследовательской работе, не только теоретически, а главное, на практике. На полевых выездах, когда школьник самостоятельно видит геологические процессы в природе (пещеры, обнажения) или сам находит какой-либо геологический объект (ископаемый или минерал), у него возникает масса вопросов: об образовании, о преобразовании, об истории открытия минералов или палеонтологических находках и т.д. Возникает интерес к образованию нашей планеты: что происходило с планетой, когда происходило, как происходило. Только через интересную информацию о геологических объектах, будь то минерал или ископаемое, или геологический процесс, в результате которого образуются породы или поднимаются горные вершины, можно заинтересовать учащегося.

В процессе наших занятий со школьниками мы даем не только теоретические знания по геологии, но также уделяем время географии, физике, химии, астрономии, истории, биологии, экологии, так как без этих предметов невозможно понять процессы, происходящие в земле. Но теоретических знаний школьникам недостаточно. Переизбыток теоретической информации иногда вредит: дети просто устают слушать и запоминать. Проводя занятия, мы обязательно меняем темы, посвящая их минералам, палеонтологическим объектам, биологическим ископаемым, химическому эксперименту с минералами и породами, перемежая их практическими работами с коллекциями и выездами на геологические разрезы.

Работая с детьми, обязательно нужно посвятить время изучению родного края. Узнавая историю и географию, биологический ареал малой родины, дети эмоционально мотивируются на изучение не только геологии, но и других предметов. Необходимо подталкивать школьников к самостоятельным работам по препарированию, аналитическим опытам и ведению научно-исследовательской работы.

Одной из форм нашей воспитательной и обучающей работы с детьми являются полевые выезды, в ходе которых достигаются следующие цели: расширение научного и культурного кругозора, воспитание патриотизма, гордости подвигом народа в годы Великой Отечественной войны, высокой морали, любви, уважения к труду и выбору будущей профессии [3, с. 401–404].

Одним из интересных объектов Краснодарского края, в котором можно объединить все вышеперечисленные цели, является урочище Поднависла, где можно провести полевые работы по разным направлениям: геологии, биологии, экологии и др.

Полевые работы

В первую очередь детям рассказываются правила поведения в поле. Дается техника безопасности поведения в горной местности, на равнине, при переходе через реку. Объясняется методика работы с геологическим молотком и кислотой для определения карбонатности породы.

Полевые работы по геологии заключаются в знакомстве школьников с описанием геологического разреза, в который входят:

1. Определение горных пород.
2. Замеры длины и высоты выходов горных пород на поверхность.
3. Замеры залегания горных пород, простирания и падения слоев горных пород с использованием геологического компаса.
4. Замеры толщины пластов от подошвы к кровле.
5. Приобретение навыков поиска минералов и ископаемых останков, которые содержатся в горных породах.
6. Зарисовка обнажения с пометкой отбора образцов и находками ископаемых фрагментов флоры и фауны.

При полевых исследованиях создается коллекция горных пород, которая отмечается этикетками. В этикетку входят: наименованием породы, цвет, структура, текстура, включения выраженные в интересных минеральных образованиях и ископаемых останках.

Коллекция ископаемых также оснащается этикетками, в которых идет краткое описание найденного фрагмента или раковины моллюсков или фрагменты окаменевших дерева, или отпечатки ядер и др.

Камеральный этап обучения проходит в лабораторных условиях, где изучается история исследования этого района. В геологические исследования входят: стратиграфия, тектоническое положение, литология, полезные ископаемые.

Найденные образцы горных пород исследуются петрографическими и геохимическими методами с помощью микроскопов и химических анализов.

Палеонтологические находки определяются по справочникам, атласам и др. методическим пособиям.

Результаты работы

Урочище Поднависла – живописный уголок Западного Кавказа, который является природным, геологическим и историческим памятником. Расположен этот объект в среднем течении реки Чепси, левого притока Псекупса, в 8 км от ближайшего населенного пункта, села Фанагорийского и в 30 км от города Горячий Ключ. Урочище имеет интересную геологическую историю и также историю героизма в годы Великой Отечественной войны и в послевоенные годы.

В урочище Поднависла обнажаются мезозойские отложения. Гора Нависла является водоразделом рек Чепси и Аюк. В названии горы Нависла отражена ее форма: она как бы нависает над частью долины реки Чепси, высотой 704 метра, её южная часть, возвышается над хутором Поднависла, представлена мощным вертикальным скальным сбросом, сложенным древними флишевыми породами юры и мела. Миллионы лет назад здесь было дно океана Тетис. Осадочные породы накапливались в морской обстановке, у подножия континентального склона, в виде флишоидных отложений. В период альпийской складчатости, начиная с позднемелового периода, океан Тетис стал сокращаться в размерах и начал подниматься Кавказ. В конце палеогенового периода море отступило, в олигоцене Кавказский остров вышел на поверхность, стал формироваться современный рельеф. На протяжении неогена и до настоящего времени под воздействием тектоники продолжается поднятие Большого Кавказского хребта с формированием скальных форм рельефа, к которым относится урочище Поднависла [4].

Первые геологические описания бассейна р. Псекупс относятся к рубежу XIX и XX вв. В этот период Геолкома-ЦНИГРИ и другие организации приступили к исследованиям отложений северо-западных отрогов Главного Кавказского хребта. Представленные разрезы в урочище Поднависла иллюстрируют мезозойские отложения Горячеключевского района Краснодарского края. Отложения мезозоя богаты разнообразными строительными полезными ископаемыми, они содержат уникальные находки беспозвоночных ископаемых организмов, часть которых экспонируются в различных музеях Краснодарского края [5, 6].

Урочище получило название в честь хутора, располагавшегося здесь раньше. Все склоны вокруг урочища, кроме северных и юго-восточных, крутые, обрывистые, где выходят на поверхность верхнеюрские и нижнемеловые образования [7].

Геологические разрезы представлены верхнеюрскими отложениями свиты Поднависло (титон) и нижнемеловыми образованиями Запорожского горизонта (нижнего берриаса). Свита Поднависло (титон) названа А.Л. Козловым в 1939 г. по одноименной горе расположенной в Абино-Гунайской зоне в бассейне р. Чепси (Объяснительная записка…, 1973; Ростовцев и др., 1992). Свита сложена в основании базальным горизонтом, залегающим с размывом на байосских отложениях кочкановской свиты. Базальный горизонт представлен конгломератами, гравелитами и песчаниками с прослоями известняков и глин (галька конгломератов представлена кварцитами, порфиритами и различными известняками), мощностью до 50 м. Выше залегает пачка (мощностью 10 м) чередования пластов темных глин, песчаников и алевролитов. Выше следуют глины красновато-бурые, голубоватые и зеленоватые с горизонтами септарий и прослоями алевролитов, песчаников и известняков (мощностью до 350 м). Над пестроцветной пачкой лежат глины серые и зеленоватые, реже бурые с прослоями и горизонтами мергелей и известняков (до 100 м). Перекрывается свита с размывом отложениями нижнего мела (рис. 1, рис. 2).

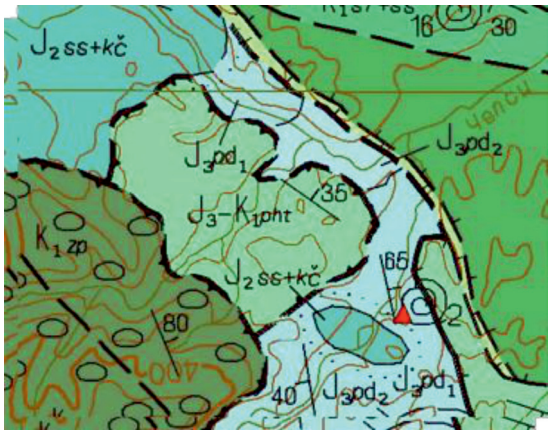


Рис. 1. Местоположение выходов свиты Поднависло (красный треугольник) на фрагменте геологической карты L-37-XXXIV (Корсаков и др., 2002)

В самой верхней пачке найдены аммониты *Paraulacosphinctes* cf. *transitorius* Opp., *Micracanthoceras* cf. *micracanthum* Opp., *Berriasella* cf. *oppeli* Kil. и другие [6].

Рис. 2. Фото 1. Скала Нависла. Выходы чередования глин, мергелей и известняков свиты Поднависло. Юные геологи отбирают образцы для камеральных работ

Свита сложена ритмичным флишоидным чередованием темных глин, серых песчаников и алевролитов, с прослоями красновато-бурых и зеленоватых глин с септариями и прослойками серых и зеленовато-серых мергелей и известняков, выходящих на поверхность в виде зубчатых прослоев (рис. 3, фото 2).

Высота скалы Нависла около 120 м, длина 250 м. В глинах найдены септариевые глинисто-карбонатные конкреции и стяжения пирита. Встречены отпечатки и фрагменты раковин аммонитов.

С размывом на свиту Поднависло залегает запорожская свита (K1 zp), выделеная В.Л. Егояном в 1969 г. по р. Тушепс [6].

Эти отложения отнесены к берриасу и сложены в нижней части конгломератами и отдельными валунами верхнеюрских известняков, а верхней части линзами песчаников, известковистыми глинами и гравелитами.

Запорожская свита обнажена в русле р. Чепси у хутора Поднависла, и в кровле скалы Нависла, здесь она представлена грубообломочными валунами и конгломератами. Мощность свиты 15–25 м, (рис. 4, фото 3). В отложениях свиты Поднависло и Запорожской находятся фрагменты раковин и ядер аммонитов, ростры белемнитов, относящиеся к нижнемеловому возрасту [6].

Заключение

Значение геологического памятника «Урочище “Поднависла”» и геолого-стратиграфического разреза свит велико, потому что обнажения скалы Нависла являются наглядным примером геологического прошлого Западного Кавказа. Здесь можно проводить практические занятия для студентов и школьников, а также научно-популярные экскурсии [7].

Историческое значение этого места связано с годами Великой Отечественной войны. Под скалой, на правом берегу р. Чепси находится военный мемориал и братская могила защитников Кавказа, в которой захоронено более 2 тысяч советских солдат и офицеров. Поэтому скалу Поднависла называют ещё Поклонной горой. А «хозяйкой» Поклонной горы является Аршалуйс Кеворковна Ханжинян. В 1942 г., когда фашисты рвались к выходу в Чёрное море и в окрестностях Поднавислы шли кровопролитные бои, в самом хуторе расположился госпиталь.

Рис. 3. Фото 2. Скала Нависла. Выходы прослоев крепких известняков в виде зубчатых сколов

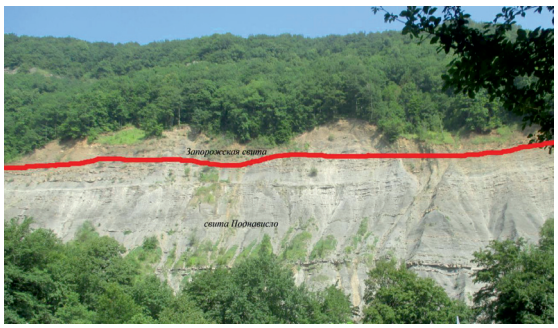


Рис. 4. Фото 3. Скала Нависла, красной чертой выделена граница свит Поднависло и Запорожской

Юная Аршалуйс не ушла, не спряталась вместе с другими хуторянами в горах. Она осталась выхаживать раненых. Умирая от тяжёлых ран, солдаты просили Аршалуйс не оставлять их в этом глухом лесу. Закончилась война, разъехались все, но Аршалуйс осталась жить в Поднависле. До конца жизни была верна солдатской памяти – клятве, которую она дала умирающим солдатам: ухаживать за могилами бойцов. Более полувека, бабушка Аршалуйс берегла память о погибших солдатах. Лишь под конец жизни о ней заговорили. В 1998 г. Аршалуйс не стало. Аршалуйс Ханжиян – Человек с большой буквы, достойная восхищения и долгой светлой памяти. Сейчас её дело продолжает племянница Галина [8, 9].

Рис. 5. Фото 4. Военный мемориал, братская могила и армянская и русская часовни у подножья Поднавислы

Выводы

Таким образом, урочище Поднависла известно не только как геологический памятник, но и как памятник истории и героизма в годы Великой Отечественной войны и в послевоенные годы. Мемориал посещают многочисленные гости; 9 мая, в дни празднования Великой Победы, сюда приезжают тысячи благодарных потомков, почтить память павших за Родину солдат и офицеров и поклониться тихому подвигу бабушки Аршалуйс.

Урочище Поднависла может являться культурно-образовательным объектом туризма Краснодарского края и является прекрасным геологическим объектом для научно-исследовательской работы школьников по геологии, истории, географии, биологии и экологии.

Список литературы

1. Маскаева Т.А., Лабутина М.В., Чегодаева Н.Д. Ранняя профессиональная ориентация подростков // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29422 (дата обращения: 11.01.2020).

2. Зимарева Н.А. Образовательная среда учреждения дополнительного образования как фактор их профессионального самоопределения // Педагогика и психология, теория и методика обучения. 2014. С. 88–92.

3. Лисицына Т.Б. Экскурсия – педагогический процесс // Молодой ученый. 2012. № 6. С. 401–404. [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/archive/41/4978/ (дата обращения: 11.01.2020).

4. Воробьев И.Г. Горячий Ключ. Великая тайна прошлого. Краснодар, 2012. 128 с.

5. Егоян В.Л. Триасовые отложения Предкавказья // Геология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968. С. 161–165.

6. Егоян В.Л. Тектоническое развитие Западного Предкавказья и Северо-Западного Кавказа в меловом периоде // Особенности геологического строения и нефтегазоносности Предкавказья и сопредельных районов. Тр. ИГИРГИ. М.: Наука, 1968. С. 112–130.

7. Пинчук Т.Н., Вукс В.Я., Татьянченко Т.Г., Попов С.В. Путеводитель экскурсий по мезозойско-кайнозойским отложениям Западного Предкавказья. Краснодар, 2017. 27 с.

8. Военное обозрение / Аршалуйс Ханжиян. Трилогия о молчаливом подвиге. Часть 1. [Электронный ресурс]. URL: https://topwar.ru/146879-arshalujs-hanzhijan-trilogija-o-molchalivom-podvige-chast-1.html (дата обращения: 11.01.2020).

9. Военное обозрение / Аршалуйс Ханжиян. Трилогия молчаливого подвига. Часть 2. [Электронный ресурс]. URL: https://topwar.ru/147017-arshalujs-hanzhijan-trilogija-molchalivogo-podviga-chast-2.html (дата обращения: 11.01.2020).

УДК 373.1:372.854

СОВРЕМЕННОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ОДАРЕННОЙ МОЛОДЕЖИ

Халикова Ф.Д., Халаман А.В.

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

В статье говорится о современном химическом образовании одаренной молодежи в разных странах. Целью исследования является изучение системы современного химического образования одаренной молодежи за рубежом и анализ перспективы развития химического образования в России. Исследование проводилось на базе Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета. Всего в исследовании принимали участие 60 студентов из Химического института им. А.М. Бутлерова с февраля 2018 г. по июнь 2019 г. На первом этапе был проведен анализ литературы по теме исследования, изучение психолого-педагогической и научно-методической литературы; на втором этапе проанализированы и выяснены основные положительные и отрицательные стороны обучения в области химии за рубежом одаренных студентов, которые участвовали в программе обмена опытом в США и Чехии; на третьем этапе проведен опрос среди обучающихся Казанского федерального университета, в котором приняли участие 58 студентов 3-го и 4-го курсов Химического института имени А.М. Бутлерова КФУ, обработаны и обобщены результаты исследования. В результате исследования выявили положительные и отрицательные стороны современного химического образования в целом, предложены перспективные идеи по решению проблем, которые возникают у одаренной молодежи. Таким образом, несмотря на то, что системы химического образования изученных стран значительно отличаются, общей целью каждой системы можно считать воспитание активных членов социума, создание благоприятных условий для роста образовательного потенциала одаренной молодежи.

Ключевые слова: современное химическое образование, дошкольное образование, среднее образование, среднее профессиональное образование, высшее образование, студент, бакалавриат, магистратура, выпускник

THE MODERN CHEMICAL EDUCATION OF GIFTED YOUTH

Khalikova F.D., Khalaman A.V.

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, e-mail: fidaliya.halikova@mail.ru, adelinahalaman@mail.ru

The article deals with the modern chemical education of gifted youth in different countries. The aim of the research is to study the system of modern chemical education of gifted youth abroad and analyze the prospects for the development of chemical education in Russia. The study was conducted on the basis of the Chemical Institute named of A. M. Butlerov of Kazan Federal University. In total, 60 students from the Chemical Institute took part in the study from February 2018 to June 2019. The first stage was the analysis of literature on the research topic, the study of psycho-pedagogical and scientific-methodical literature; in the second phase analyzed and found out the main positive and negative aspects of studying chemistry abroad gifted students who participated in the experience exchange program in the United States and the Czech Republic; in the third stage of the survey among the students of Kazan Federal University, which was attended by 58 students of the 3rd and 4th courses of the Chemical Institute named of A. M. Butlerov, the Kazan Federal University, processed, and summarized the results of the study. As a result, the research revealed the positive and negative aspects of modern chemical education in General, and offered promising ideas for solving problems that arise in gifted youth. Thus, despite the fact that the chemical education systems of the studied countries differ significantly, the overall goal of each system can be considered to be the education of active members of society, creating favorable conditions for the growth of the educational potential of gifted youth.

Keywords: modern chemical education, pre-school education, secondary education, secondary-vocational education, higher education, student, bachelor, master, graduate

У каждого человека существует своя система ценностей, в которую можно отнести образованность, порядочность, вежливость, воспитанность, трудолюбие. В современном мире стержнем социума являются образование и воспитание, поэтому без этих аспектов невозможно дальнейшее развитие человека как личности. Несомненно, мы можем сказать, что фундаментом любого интеллигентного человека является школа. В школе закладываются основные понятия о добре и зле, о том, что хорошо, а что плохо, как нужно поступать правильно. В средней школе личность ребенка уже сформирована, поэтому основная задача учителей заключается в том, чтобы выявить определенные способности учеников, их одаренность, а, следовательно, на основании этого направить развитие личности на верный путь, помочь ей в выборе своей дальнейшей профессии. Именно в средней школе в российской системе образования начинаются первые уроки таких естественных наук, как химия, физика, биология, география, которые являются «фундаментальной компонентой общего образования». Почему же химическое образование одаренной молодежи является актуальной темой и по сей день?

Для более эффективного изучения различных сторон химии как науки ученикам требуется большая практическая направленность на уроках: лаборатория для химических экспериментов, реактивы, раздаточные вспомогательные материалы, пособия, таблицы, схемы, наглядный материал, пространственные молекулы, виртуальная лаборатория, цифровые электронные ресурсы и т.д. [1].

Выучить химическое определение, разобраться в написании формул, решить задачи и получить достойную оценку в школе – это не сложно. Однако, чтобы решиться в дальнейшем связать свою жизнь с химией, нужна смелость. Уже с первых уроков химии благодаря наблюдениям учителей за темпом работы учеников, их успеваемостью, нестандартным решением задач, применением межпредметных связей с биологией и физикой, выявляется одаренность детей в области химии. Обычно таким ученикам на последующих уроках даются усложненные варианты тестов или контрольных работ, а позже с ними разбираются олимпиадные задачи и вузовский материал [2].

Сдав экзамен по данному предмету, одаренный ученик поступает в вуз с химической направленностью. Особенность поступления выпускников школы в химические вузы России состоит в том, что абитуриенты должны пройти конкурсный отбор. Различные вузы России с химической направленностью готовят будущих специалистов и открывают перед выпускниками большие возможности и перспективы работы в России, а также за рубежом. Многие вузы России предусматривают программы по обмену опытом студентов. Казанский федеральный университет, к примеру, сотрудничает с более чем 50 странами мира, университетами Австралии, Германии, Испании, Италии, Китая, Кореи, Польши, США, Тайваня, Финляндии, Франции, Чехии, Швейцарии, Японии. Согласно статистике, в Казанском федеральном университете с 2010 г. около 45 % обучающихся принимают участие в программах по обмену опытом [3].

Цель исследования заключается в изучении системы современного химического образования одаренной молодежи за рубежом и анализе перспектив развития химического образования в России.

Теоретическая значимость исследования: рассмотрены системы образования в разных странах, в вузах с химической направленностью.

Практическая значимость исследования: в результате проведенного анкетирования студентов химического института имени А.М. Бутлерова, которые обучались за рубежом по программе обмена опытом, была проанализирована дальнейшая перспектива развития химического образования в России.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета. Всего в исследовании принимали участие 60 студентов из Химического института им. А.М. Бутлерова с февраля 2018 г. по июнь 2019 г. Этапы исследования: первый этап (февраль 2018 г. по декабрь 2018 г.) – был проведен анализ литературы по теме исследования, изучение психолого-педагогической и научно-методической литературы; второй этап (январь – март 2019 г.) – проанализированы и выяснены основные положительные и отрицательные стороны обучения в области химии за рубежом одаренных студентов, которые участвовали в программе обмена опытом в США и Чехии; третий этап (апрель – июнь 2019 г.) – был проведен опрос среди обучающихся Казанского федерального университета, в котором приняли участие 58 студентов 3-го и 4-го курсов Химического института имени А.М. Бутлерова КФУ; обработка и обобщение результатов исследования.

Первый этап

На первом этапе изучена психолого-педагогическая и научно-методическая литература, был проведен анализ литературы по теме исследования, рассмотрены системы химического образования в Соединенных Штатах Америки и Чехии. В США обучение включает в себя 4 стадии: начальное образование, среднее образование, высшее образование и постдипломное. Изучение химии начинается уже на уровне начального школьного образования в старшей школе (HighSchool), которая составляет 4 года обучения – от 9 до 12 класса. Интересно то, что оценка учащегося по предмету «химия» складывается не только на основании результатов тестов и контрольных работ, но и из отношения к учебе, активного участия в жизни класса и школы. Выпускники, которые в дальнейшем мечтают связать свою профессию с химией, сдают государственный экзамен по химии SAT и ACT и получают диплом «Свидетельство о высшей школе» или по-другому «High School Certificate». Позже они могут поступить в университеты США и Канады с химической направленностью. Существует специальный 13 класс, который называется «Программа расширенного размещения» или, по-другому, «Advanced Placement Pro-

gramme» [4]. Туда ведется набор одаренных учеников, которые планируют в дальнейшем специализироваться в университетах с химической направленностью. Выпускники такого класса имеют уникальную возможность сразу поступить на 2-й курс университета. Следует отметить, что студенты, которые получают высшее образование на химических факультетах, прежде чем закончить сессию на отлично, должны получить около 100 кредитных часов по предмету химия, то есть присутствовать на лекциях, за посещение которых ставятся баллы [5].

Система чешского образования включает в себя: дошкольное образование; среднее образование; среднее профессиональное образование; высшее образование. Химию здесь начинают изучать после 9-ого класса, и этот предмет вводится в курс обязательных изучаемых предметов. Теоретическим знаниям и навыкам на уроках химии отводится большое количество времени. После сдачи экзамена по химии выпускники поступают в вузы Чехии с химической направленностью и проходят такие же ступени высшего образования, как и в России: бакалавриат – магистратура – аспирантура [6]. Следовательно, можно сказать о том, что среднее образование в Чехии соответствует среднему образованию, полученному в России, поэтому выпускники школ без проблем поступают в чешские вузы по окончанию средней школы. Обучение одаренной молодежи в области химии ведется в условиях интеграции чешского языка, однако возможно обучение на немецком, итальянском, испанском языках. Большой популярностью среди иностранных студентов, которые планируют специализироваться в области химии, пользуются химический факультет Карлова университета в Праге, а также Чешский технический университет в Праге и Технический университет в Брно [7]. На занятиях по химии в зарубежных странах одаренная молодежь изучает не только один предмет по своему направлению. В область знаний студентов входят и экономические, и политические, и культурные, и духовные ценности страны, считается, что выпускник технического вуза не должен быть лишь «узким технарем», он обязан обладать глубокими познаниями в области естественных и гуманитарных наук, при этом знать химию глубоко и безупречно [8].

Изучая обучение местной одаренной молодежи за рубежом, параллельно был сделан анализ обучения студентов из России, которые принимают участие в программах по обмену опытом несколько лет за границей. По статистике число одаренной молодежи, стремящейся получить образование в области химии в некоторых странах за рубежом, увеличивается с каждым днем.

Второй этап

Программы по обмену опытом утверждают, что каждый год для получения образования в области химии за границу выезжает около 30 000 россиян [9]. На данный момент около 45 % обучающихся Казанского федерального университета принимают участие в программах по обмену опытом и для стажировки.

На втором этапе исследования было проведено анкетирование студентов Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета. Проанализированы и выяснены основные положительные и отрицательные стороны обучения в области химии за рубежом, одаренных студентов, которые участвовали в данной программе.

Проведением анкетирования студентов Казанского (Приволжского) федерального университета Химического института имени Александра Михайловича Бутлерова, были выяснены особенности изучения химии в различных странах и проблемы, с которыми может столкнуться одаренная молодежь за рубежом.

Магистранту 1-го курса и студенту 4-го курса был задан блок вопросов, связанных с программами по обмену опытом. Результаты опроса представлены в виде круговых диаграмм (рис. 1, 2).

Примерные вопросы анкетирования:

1. Вы изучали химию за рубежом? Вы ездили за границу по программе обмена опытом? Если да, то в какой стране проходило ваше обучение?

2. Каковы особенности преподавания химии в вузах за рубежом?

– Каково количество студентов, обучающихся в вузах с химической направленностью?

– Каковы основные подходы к обучению химии: преобладает теоретическая или практическая направленность в вузах за рубежом?

– Какие экзамены сдают школьники, чтобы поступить в вузы с химической направленностью за рубежом?

– Достаточно ли оборудованы лаборатории в вузах за рубежом?

3. Каковы основные проблемы в изучении химии за рубежом?

4. Каковы основные проблемы в изучении химии за рубежом для студентов-мигрантов из России?

5. Каковы основные перспективы изучения химии за рубежом?

6. Как вы оцениваете уровень системы образования за рубежом: низкий, средний, высокий?

7. Чтобы вы могли посоветовать применить в российской системе образования?

8. Понравилось ли вам ваше путешествие? Планируете ли вы после окончания университета переехать за границу?

Ответ студента 4-го курса Химического Института имени А.М. Бутлерова:

1. Да, я изучал химию за рубежом. Казанский федеральный университет предоставил мне такую возможность участвовать в программе по обмену опытом. Я посетил Чехию.

2. У нас было малое количество студентов в группе по направлению химия. В основном были теоретические занятия, хотя в корпусах кабинеты были оборудованы лабораториями для опытов. Мне рассказывали местные студенты, что школьники здесь сдают экзамены не по предметам на выбор, а по всем, на основе такой сдачи они поступают в вузы.

3. Основной проблемой, с которой столкнулся я, считаю абсолютно другую непривычную систему обучения: здесь свободный выбор всех курсов, поэтому я долго не мог понять, что хочу именно здесь изучать; необязательное посещение занятий, часто бывало такое, что я сидел один на лекциях;

4. Я думаю, неспособность русских студентов к быстрой социализации в международной среде может стать еще одной проблемой в обучении.

5. Перспективы здесь широкие. Востребованность специалистов всех технических профилей довольно высокая, хотя это отчасти из-за низкого количества желающих поступать на данные специальности и из-за большого сектора производства сложной техники.

6. Высокий уровень преподавания.

7. В российскую систему образования я бы посоветовал перенять сильное профилирование технических дисциплин.

8. Очень понравилось. Это большой опыт как пребывания в иностранной среде, как в исследовательской деятельности, так и общий опыт, полученный при долгом общении с людьми другой культуры. Я бы очень хотел после окончания вуза попробовать себя зарекомендовать и в других странах, кроме России и Чехии.

Ответ магистранта 1-го курса Химического Института имени А.М. Бутлерова:

1. Да, я изучал химию в США.

2. Я проходил курсы органической и физической химии. Курс органической химии подразумевал лабораторный практикум, а практикум по физической химии был отдельным предметом. Интересно то, что на занятиях по органической химии нас было около 25 человек, а по физической химии всего 4, включая меня. Это больше исходит, наверное, из того, что лаборатория для опытов по органической химии оборудована лучше.

3. Думаю, для меня проблема была в стоимости проживания и стоимости учебников. Раздаточные пособия, наглядные материалы, учебники здесь не выдаются, их покупают студенты сами. А в целом проблем нет, преподаватели всегда готовы были отвечать на вопросы.

4. Думаю, для студентов-мигрантов главная проблема незнание химического английского, да и в целом, языка.

5. Про перспективы после окончания вуза я не интересовался, но думаю, высокооплачиваемую работу по специальности здесь найти несложно.

6. Высокий уровень.

7. Я бы посоветовал перенять в российскую систему образования большую практическую направленность.

8. Это был, несомненно, большой опыт для меня. Были, конечно же, и сложности, но у кого их не бывает, не так ли? На самом деле это большой секрет, но я поделюсь, да, я очень хочу продолжить свое обучении в США и, возможно, работать.

Результаты исследования представлены в таблице.

Анализ обучения одаренной молодежи в области химии за рубежом

Положительные стороны обучения за рубежом в области химии	Отрицательные стороны обучения за рубежом в области химии
Свободный выбор курсов и посещение занятий	Языковой барьер: неспособность студентов общаться на иностранном языке в свободной форме
Высокий уровень преподавания	Традиции и культура: сложно привыкать к культуре новой страны и традициям народа
Широкие дальнейшие перспективы	Отсутствие раздаточных материалов на занятиях по химии
Большая практическая направленность, чем в вузах России	Стоимость проживания

Из таблицы видно, что на сегодняшний день к преимуществам заграничного обучения в области химии можно отнести:

1. Высокий уровень качества образования.
2. Практико-ориентированный подход в обучении.
3. Возможность для студентов проходить практику в успешных компаниях.
4. Хорошие дальнейшие перспективы.
5. Учет индивидуальных особенностей каждого обучающегося.
6. Параллельное изучение иностранного языка и возможность общения с носителями языка.
7. Знакомство с культурой и традициями другой страны, получение диплома международного образца.

Однако в ходе исследования были выявлены и отрицательные стороны обучения одаренной молодежи в области химии за рубежом, к которым можно отнести:

1. Высокую стоимость обучения.
2. Языковой барьер: студентам не хватает практики дома, вследствие чего возникают большие трудности с разговорным иностранным языком.
3. Удаленное расстояние от родины, оказывается, тоже является немаловажной причиной возникновения проблем у студентов-мигрантов.
4. Необходимость адаптации к чужим традициям и культуре.

Третий этап

На третьем этапе исследования был проведен опрос среди обучающихся Казанского федерального университета, в котором приняло участие 58 студентов 3-го и 4-го курсов Химического института имени А.М. Бутлерова. Каждому из студентов были заданы два вопроса:

1. «Хотели бы вы продолжить свое обучение в области химии за рубежом?».

Ответы: 1. ДА; 2. НЕТ; 3. ВОЗМОЖНО.

2. «Видите ли вы дальнейшие перспективы обучения в области химии в России? Какие?»

Ответы: 1. Работа на химических производствах. 2. Возможность переквалификации. 3. Возможность карьерного роста в педагогическом направлении. 4. Работа на нефтедобывающих предприятиях.

Результаты опроса представлены в виде круговых диаграмм (рис. 3, 4).

Результаты исследования и их обсуждение

1. В ходе исследования были выявлены положительные и отрицательные стороны обучения одаренной молодежи в области химии за рубежом (у участников по программе обмена опытом), к которым можно отнести представленные на рис. 1.

Рис. 1. Основные проблемы, с которыми сталкивается одаренная молодежь при изучении химии за рубежом

Из рис. 1 видно, что основной из главных проблем, с которыми могут столкнуться учащиеся за рубежом – это снижение у школьников познавательного интереса и мотивации к изучению химии вследствие нереализации коммуникативных возможностей иностранного языка. Во-вторых, абсолютно новая система образования и методики преподавания, неполное содержание учебных программ по химии в школах, отсутствие раздаточных вспомогательных материалов, наглядных конструкций и молекул. В-третьих, как следствие, неусвоение школьного материала по химии и отсутствие способности общаться по научной тематике на нескольких языках [10].

Рис. 2. Положительные стороны в изучении химии за рубежом

Проанализировав рис. 2, видим, что плюсом в обучении одаренной молодежи в области химии за рубежом является большая практическая направленность на занятиях.

2. Результаты проведенного опроса среди обучающихся (рис. 3) студентов 3–4 курсов Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского федерального университета.

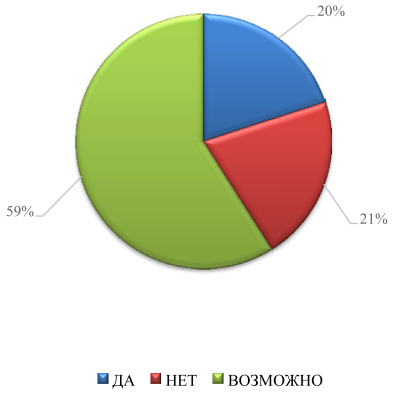


Рис. 3. Результаты опроса студентов Казанского федерального университета

На вопрос «Хотели бы вы продолжить свое обучение в области химии за рубежом?» студенты ответили по-разному. По результатам видно, что большинстве студентам 3 и 4 курса Химического института имени А.М. Бутлерова было бы интересно познакомиться с культурой традициями и системой химического образования за рубежом.

Рис. 4. Перспективы обучения одаренной молодежи в области химии в России

Проведя исследование, можно сказать, что перспективы обучения одаренной молодежи (рис. 4) в современном химическом образовании в России достаточно большие. В дальнейшем их ожидает работа на химических и нефтедобывающих предприятиях, возможность карьерного роста в педагогическом направлении, а также возможность переподготовки и повышения квалификации.

Заключение

Таким образом, изучив более подробно различные подходы в обучении в области химии, можно сделать вывод, что современное образование одаренной молодежи требует развития индивидуальных способностей учащихся, их творческого и критического мышления, активизации познавательной деятельности, а также умение синтезировать информацию.

В данной работе рассмотрено, какие же изменения претерпевает современное российское образование и почему же химическое образование одаренной молодежи является актуальной темой и по сей день. Система химического образования, структура и содержание химической науки, а также ее практическая значимость с каждым днем стремительно совершенствуется и усложняется. Вполне очевидно, что от поступления профессионально подготовленной молодежи в вузы, качественного их обучения, работы выпускников вузов в научно-исследовательских центрах и на химических производствах зависит мировой уровень развития химии. Социализация личности является одной из главных задач, которая стоит перед современным образованием, будь то среднее, высшее или дополнительное образование. Использование преподавателем на своих уроках различных педагогических технологий является неотъемлемой частью успешного обучения одаренной молодежи.

Также было проведено исследование системы химического образования за рубежом, в Соединенных Штатах Америки и Чехии. По результатам анкетирования студента 4 курса и магистранта 1 курса Химического института имени А.М. Бутлерова, принимавших участие в программах по обмену опытом, были выявлены положительные и отрицательные стороны при изучении химии за рубежом и предложены варианты идей по решению проблем, которые могут возникнуть у одаренной молодежи.

Несомненно, системы химического образования изученных стран значительно отличаются от российской, однако общей целью каждой можно считать воспитание активных членов социума, создание благоприятных условий для роста образовательного потенциала одаренной молодежи, чтобы выпускники вузов, работая на научно-исследовательских центрах

и на химических производствах, способствовали успешному развитию химии на мировом уровне.

Список литературы

1. Гильманшина С.И., Халикова Ф.Д. Формы работы с одаренной молодежью в системе университетского образования // Казанский педагогический журнал. 2015. № 4. Ч. 2. С. 294–297.

2. Кольцова Г.А. Интегрированный урок «Химические свойства растворов кислот» // Химия в школе. 2008. № 4. С. 41–42.

3. Процедура участия в программе обмена. [Электронный ресурс]. URL: https://kpfu.ru/international/obuchenie-i-stazhirovki-za-rubezhom/programmy-akademicheskoj-mobilnosti-granty/programmy-obmena-s-universitetami-partnerami/informaciya-dlya-obmennyh-studentov (дата обращения: 11.01.2020).

4. Бушмелева Е.С., Генг Л.К., Карпова А.А., Рассказова Т.П. Англо-русский словарь химико-технологических терминов: учеб. метод. пособие / Науч. ред. В.А. Черепанов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 140 с.

5. Школьное образование в США. [Электронный ресурс]. URL: http://www.education-medelle.com/education/secondary_education/standards/american/#2 (дата обращения: 11.01.2020).

6. Polonska T. The essence of game technologies in teaching a foreign language to primary school pupils on the basis of competences. 2018. P. 317–327.

7. Airey J. Estimating Undergraduate Bilingual Literacy in Sweden. International CLIL Research Journal. 2010. Vol. 1 (2). P. 26–35.

8. Cambridge International Examinations Cambridge International General Certificate of Secondary Education CHEMISTRY 0620/21 Paper 2 Multiple Choice (Extended) May/June 2017. [Electronic resource]. URL: https://pastpapers.papacambridge.com/Cambridge%20International%20Examinations%20%28CIE%29/IGCSE/Chemistry%20%280620%29/2017%20Jun/0620_s17_qp_21.pdf (date of access: 11.01.2020).

9. Danili E., Reid N. Some strategies to improve performance in school chemistry, based on two cognitive factors. Research in Science and Technology. 2014. Vol. 22. № 2. P. 203–266.

10. Халаман А.В., Халикова Ф.Д. Проблемы в изучении химии одаренных детей за рубежом // Научные тенденции: педагогика и психология: сборник научных трудов, по материалам XV международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 4 апреля 2018 г.). Изд. ЦНК МОАН, 2018. С. 40-41..

УДК 378.14

ДВУСТОРОННЯЯ (МНОГОСТОРОННЯЯ) КОММУНИКАЦИЯ КАК РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ-ЖУРНАЛИСТОВ

Цараева Л.А.

ФГОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова», Владикавказ, e-mail: ms.tsaraeva@mail.ru

Настоящая статья посвящена вопросу организации методической системы, направленной на совершенствование навыков двусторонней (многосторонней) коммуникации у студентов, обучающихся по направлению «Журналистика», в ходе реализации компетентностного подхода при использовании интерактивных методов. Необходимость повышения уровня коммуникативных навыков в разных ситуациях общения для журналиста-практика не вызывает сомнения. Специфика предложенной методической системы заключается в том, что она направлена на развитие навыков свободной коммуникации, которые в будущей профессиональной деятельности журналиста, перманентно участвующего в разного рода коммуникации: межличностной, межкультурной, групповой, массовой, – являются базовыми. В условиях активизации в российском обществе запроса на молодых специалистов с активно выраженными социальной позицией и лидерскими качествами умение строить высокоорганизованную и высокоэффективную коммуникацию приобретает особую значимость. Предлагаемая методическая система построена с учетом всех трудностей, могущих возникнуть перед журналистом в его практической деятельности: неумение построить эффективный диалог и полилог, неадекватное транслирование собственных мыслей, некорректное декодирование высказываний оппонента, недостаточное владение методами воздействия на собеседника и др. – и содержит в себе пути и методы практической работы по их устранению.

Ключевые слова: интерактивные методы, коммуникация, журналистика, компетентностный подход

TWO-WAY (MULTI-WAY) COMMUNICATION AS AN IMPLEMENTATION OF COMPETENCE APPROACH USING INTERACTIVE METHODS IN A STUDY PROCESS OF STUDENTS-JOURNALISTS

Tsaraeva L.A.

North-Ossetian State University n.a. K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: ms.tsaraeva@mail.ru

This article is devoted to a topic of methodic system organization, guided to improve skills of two-way (multi-way) communication in students that study a subject of «Journalism» in the implementation of competence approach using interactive methods. The need to improve the level of communication skills in different communication situations for a journalist-practitioner is not in doubt. A specifics of introduced methodic system is that it's directed to the development of fluent communication skills that are in the future profession of the journalist who constantly participates in a various types of communication: interpersonal, intercultural, group, mass – these are the basic ones. In terms of activation in Russian society of demand on young specialists with actively expressed leader traits, an ability to build highly organized and effective communication is gaining a special importance. The provided methodic system is built considering all challenges that journalist can face in practical activity: an inability to build effective dialog and polylogue, an inadequate translation of own thoughts, an incorrect decoding of opponent's statements, lack of knowledge of methods of influence on the interlocutor and others – and it contains the ways and methods of practical work to eliminate them by using interactive teaching methods.

Keywords: interactive methods, communication, journalism, competence approach

Традиционная система организации учебного процесса на всех уровнях обучения и на уровне высшей школы в частности строится, как правило, таким образом, что процесс передачи информации между обучающим и обучающимся представляет собой одностороннюю коммуникацию. Когда обучающий сообщает новую информацию, обучаемый ее потребляет, занимая пассивную позицию. Впоследствии, перерабатывая эту информацию, обучаемый, в доказательство ее «усвоенности», транслирует полученные знания, умения и закрепленные навыки на последующих занятиях и в самых разных формах: устном ответе, реферате, контрольной работе и т.п. И в этом случае уже обучающий занимает пассивную позицию, поскольку также осуществляется односторонняя коммуникация, возможно, нарушаемая лишь в том случае, если один из участников этой коммуникации задает вопрос или уточняет что-либо.

Подобная форма коммуникации не реализует принципы компетентностного подхода, актуализируемого как ведущий в Федеральных государственных образовательных стандартах Высшего профессионального образования (ФГОС ВПО). Компетентность выпускника вуза – это наличие у него взаимосвязанных профес-

сиональных умений и навыков, определяющих успешность его профессиональной деятельности. Наиболее полно процесс овладения компетенциями происходит в том случае, когда студент вовлечен в процесс, занимается той деятельностью, которая непосредственно касается его будущей профессии [1]. В большей степени содействует реализации компетентностного подхода двусторонняя (многосторонняя) коммуникация, в ходе которой процесс обмена информацией между обучаемым и обучающимся не растягивается во времени и не строится по схеме «от занятия до занятия» или «от получения задания до выполнения задания», а происходит в заданном временном отрезке, ограниченном рамками учебного занятия, то есть «здесь и сейчас». В ходе такой коммуникативной деятельности, смоделированной преподавателем, студенты не только получают информацию по теме занятия, но и задают вопросы, высказывают свою точку зрения, делятся собственным опытом по тому или иному аспекту проблемы и т.п. Запросу на организацию учебного процесса в таком формате в полной мере отвечают интерактивные формы проведения занятий. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, «определяется целями и задачами основной образовательной программы (ООП), особенностью контингента, содержанием конкретной дисциплины и в целом в учебном процессе должен составлять не менее определенного процента (бакалавриат 10–30, магистратура 30–50, специалитет 30 %) от объема аудиторных занятий в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки» [2].

Несмотря на очевидную эффективность использования интерактивных методов обучения в образовании, применяются они, как показали данные опросов и анкетирования профессорско-преподавательского состава вуза, а также результаты взаимопосещений занятий преподавателями, недостаточно активно, что объясняется, с одной стороны, неверием в эффективность применения этих методов, а с другой стороны, – незнанием их содержания и неумением применять их в практической деятельности. Сказанное обуславливает актуальность нашего исследования.

Цель исследования: разработка методически изолированной и в то же время универсальной для разного вида занятий студентов-журналистов в ходе реализации ФГОС системы, направленной на эффективное применение интерактивных методов в процессе обучения двусторонней (многосторонней) коммуникации.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили труды российских авторов по вопросам использования в образовательном процессе активных и интерактивных методов обучения и методические рекомендации по их использованию в образовательном процессе вуза, нормативные документы, а также результаты сравнительно-сопоставительного анализа мониторинга успеваемости студентов факультета журналистики Северо-Осетинского государственного университета.

Теоретико-методологической основой исследования являются структурно-функциональный, эмпирический, деятельностный методы, а также методы изучения практического опыта преподавателей, опроса (анкетирование, беседы), диагностические методы (тестирование).

Организация занятий в интерактивной форме актуальна для студентов многих специальностей [3], но для студентов-журналистов она приобретает особую значимость, поскольку специфика будущей профессии предполагает в первую очередь высокий уровень развития коммуникативных навыков, являющихся базовыми для журналиста, профессиональные реалии которого непосредственно связаны с разного рода коммуникациями: межличностной, межкультурной, групповой, массовой – и предполагают умение молодого специалиста в зависимости от задач и целей становиться как участником такого рода коммуникаций, так и их организатором. Умения и навыки осуществления высокоорганизованной коммуникации играют значительную роль в деле формирования в молодом человеке – журналисте лидерских качеств, запрос на активизацию которых так высок сегодня в нашем гражданском обществе.

Интерактивное обучение – это специальная форма организации познавательной деятельности, способ познания, осуществляемый в форме совместной деятельности студентов, при которой все участники взаимодействуют друг с другом, обмениваются информацией, совместно решают проблемы, моделируют ситуации, оценивают действия других и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблемы.

Среди интерактивных методов, которые в большей мере ориентированы на формирование умений и навыков в осуществлении двусторонней (многосторонней) коммуникации, выделяются следующие: брифинг, диспут, вебинар, имитационные игры, деловые игры, ролевые игры, работа в ма-

лых группах, дебаты, делегирование полномочий, метод «Мозгового штурма», метод «Дерево решений», круглый стол, коллоквиум и др. [4]. Разного рода игры относятся к имитационным активным методам обучения – это такие формы проведения занятий, в которых учебно-познавательная деятельность построена на имитации профессиональной деятельности [5].

Среди интерактивных форм проведения занятий прежде всего можно выделить разного вида лекции:

– бинарная лекция – лекция, в ходе которой два преподавателя, дополняя друг друга, сообщают студентам информацию по теме занятия. В формате факультета журналистики особенно эффективно зарекомендовали себя бинарные лекции, построенные в виде диалога преподавателя-практика, осуществляющего профессиональную деятельность не только в вузе, но и в республиканском СМИ, и преподавателя-«теоретика». Такая лекция позволяет выявить все трудности, которые могут возникнуть у студента при выходе на практику;

– лекция – пресс-конференция, которая построена в формате научно-практической конференции. Студенты к такому занятию готовят небольшие научные сообщения, тематика которых тщательно продумывается преподавателем. Особенно эффективен такой вид занятия в конце семестра при подведении итогов или же в том случае, если тема занятия носит проблемный характер и необходимо осветить несколько точек зрения на тот или иной вопрос. К такой форме проведения занятий можно прибегнуть, например, на заключительном занятии «Заголовочная политика республиканских СМИ» в курсе дисциплины специализации по литературному редактированию «Заголовок в газете»;

– лекция-провокация, представляющая собой лекцию с запланированными ошибками, которая нацелена на выработку критической позиции студентов относительно любой поступающей к ним информации. Такая лекция требует тщательной подготовки преподавателя и возможна также на заключительных занятиях по дисциплине, поскольку для выявления и нейтрализации фактических и методологических ошибок и неточностей студентам необходим базовый уровень знаний;

– проблемная лекция, которая по своим целям и задачам приближается к работе, в основе которой лежит исследовательская деятельность, поскольку на таком занятии преподаватель и студенты в ходе обсуждения и поиска вариантов приближаются к решению поставленной проблемы. При подготовке к такому занятию преподаватель продумывает, какая именно тема потенциально подходит для такого формата занятия. Как эффективная подобная форма зарекомендовала себя при изучении темы «Речевая агрессия в СМИ и способы ее преодоления» в курсе дисциплины специализации по литературному редактированию «Заголовок в газете».

С учетом специфики журналистской деятельности особой популярностью среди студентов и преподавателей факультета журналистики пользуются такие интерактивные формы проведения занятий, в основе которых лежит дискуссионная составляющая, позволяющая в полной мере реализовать компетентностный подход к обучению вообще и эффективное участие студентов-журналистов в двусторонней (многосторонней) коммуникации в частности. Как наиболее результативные зарекомендовали себя такие формы, как:

– лекция-интервью, в ходе которой происходит моделирование коммуникативно-речевой ситуации как между студентом и преподавателем, так и между студентом и студентом. Тематика таких занятий тщательно продумывается, а ход предполагаемого интервью детально планируется с учетом возможных вопросов и ответов. Такой вид занятия особенно эффективен в рамках дисциплины «Жанры журналистского текста». Как обладающие наибольшим потенциалом зарекомендовали себя следующие виды интервью: интервью мнений, документальные интервью, интервью – «пресс-конференция». При подготовке к занятию такого рода у студентов происходит формирование и развитие умений и навыков самостоятельно находить информацию и определять уровень ее достоверности;

– делегирование полномочий. Метод наиболее привлекательный для студентов, поскольку дает им возможность попробовать себя в роли преподавателя: студент осуществляет опрос в группе, организует проверку домашних заданий, объяснение нового материала и т.п. Помимо привлекательной психологической составляющей такой метод имеет и несомненные плюсы в учебно-познавательном аспекте: студент, который заранее избирается преподавателем на роль модератора следующего занятия, тщательно изучает теоретический материал при подготовке к занятию;

– круглый стол. В задачи преподавателя при организации круглого стола входит прежде всего выбор адекватной с точки зрения дискуссионности и актуальности проблемы для обсуждения, которая должна представлять, с одной стороны, интерес

для молодого человека, а с другой – быть проблемой, по которой у студентов предположительно должно быть сформировано более или менее полное представление. Это может быть обсуждение какого-либо недавнего происшествия, политического инцидента, эпизода с участием популярной личности, причем это могут быть события как федерального, так и регионального масштаба. Преподаватель, организующий круглый стол, должен нацеливать участников обсуждения на то, что выражение мнения должно происходить исключительно относительно вопроса обсуждения, а не по поводу мнения других участников. Таким образом, все участники обсуждения будут выступать не в роли оппонентов, а в роли пропонентов;

– кейс-метод. Это усовершенствованный метод анализа конкретных ситуаций, метод активного проблемно-ситуационного анализа, основанный на обучении путем решения конкретных задач – ситуаций (решение кейсов). Метод кейсов представляет собой изучение, анализ и принятие решений по ситуации (проблеме), которая возникла в результате происшедших событий, реальных ситуаций или может возникнуть при определенных обстоятельствах в тот или иной момент времени. Таким образом, различают полевые ситуации, основанные на реальном фактическом материале, и кресельные (вымышленные) ситуации, кейсы. Обучающиеся должны проанализировать ситуацию, разобраться в сути проблем, предложить возможные решения и выбрать лучшее из них. Таким образом происходит вовлечение студентов в процесс познания, освоения нового материала не в качестве пассивных слушателей, а в качестве активных участников.

Преподавание, в основе которого лежит двусторонняя (многосторонняя) коммуникация, позволяет студентам приблизиться к предмету через их собственный опыт, структурировать и систематизировать знания посредством отстаивания собственной точки зрения и критического осмысления других возможных точек зрения. В основе такого преподавания лежат следующие методические принципы:

– внимание преподавателя должно быть нацелено на поддержание динамичного взаимодействия между студентами – членами группы;

– преподаватель должен определять состав группы с учетом психотипических особенностей ее участников и в процессе активного их взаимодействия уметь «нейтрализовать» возможные конфликтные ситуации;

– преподаватель как имплицитно, так и эксплицитно должен уметь снимать возможное напряжение между отдельными участниками;

– преподаватель должен обладать умениями управлять ходом дискуссии, поскольку имитирование возможных реальных ситуаций, лежащее в основе многих интерактивных методов обучения, может приводить к непредвиденным поворотам в ходе коммуникации;

– состав группы и ролевые нагрузки отдельных студентов должны распределяться преподавателем с максимальным учетом творческого потенциала и интеллектуального уровня студентов;

– осуществлять планирование занятий с применением интерактивных методов таким образом, чтобы в роли модератора мог выступить каждый студент;

– преподаватель должен использовать индивидуальный подход к каждому студенту, что будет способствовать поддержанию доброжелательного микроклимата на занятии, положительно влияющего на активизацию творческого потенциала студента;

– обучение принятию решений в условиях жесткого регламента времени;

– преподавателем должно быть задействовано большое количество раздаточного материала с учетом специфики конкретного занятия;

– определяющим моментом занятий, проводимых в интерактивной форме, является использование технических средств обучения, позволяющих демонстрировать разного рода видеоматериалы: фильмы, клипы, слайды и т.п. – а также представлять учебные материалы в других форматах.

Интерактивные формы обучения обеспечивают высокую мотивацию, прочность знаний, творчество и фантазию, коммуникабельность, активную жизненную позицию, командный дух, ценность индивидуальности, свободу самовыражения, акцент на деятельность, взаимоуважение и демократичность [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Использование разного рода форм контроля, таких как тестирование, зачет, экзамен, позволяет отметить, что студентам удается набрать более высокие баллы в условиях действующей в Северо-Осетинском государственном университете балльно-рейтинговой системы. Это становится возможным благодаря тому, что использование интерактивных методов обучения способствует развитию активно-познавательной и мыслительной деятельности, формирова-

нию умений и навыков анализа и критического мышления, усилению мотивации к изучению дисциплин.

Апробация результатов исследования осуществлялась в течение четырех лет в ходе организации и проведения опытно-экспериментальной работы по активному внедрению в учебный процесс интерактивных методов обучения с акцентом на развитие и совершенствование двусторонней (многосторонней) коммуникации между преподавателем и студентом. Теоретические положения, выводы и рекомендации обсуждались на заседаниях кафедры медиакоммуникаций и мультимедийных технологий Северо-Осетинского государственного университета.

Проверка и реализация результатов исследования осуществлялись на учебных занятиях по языковым дисциплинам учебного плана направления «Журналистика» со студентами 1–4 курсов.

Заключение

Поэтапный педагогический контроль процесса усвоения знаний, формирования умений и навыков студентов-журналистов в ходе осуществления двусторонней (многосторонней) коммуникации при реализации компетентностного подхода при использовании интерактивных методов обучения показал, что подобная форма организации учебной коммуникации происходит с гораздо более высокой степенью эффективности.

Список литературы

1. Мершиева А.Д., Евдокимова Е.В. Роль активных методов обучения в реализации проектов профессионального медиаобразования (на примере деятельности отделения журналистики ифмип НГПУ) // Знак: проблемное поле медиаобразования. 2017. № 1 (23). С. 117–123.

2. Реутова Е.А. Применение активных и интерактивных методов обучения в образовательном процессе вуза (методические рекомендации для преподавателей Новосибирского ГАУ). Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2012. 58 с.

3. Цараева Л.А. Совершенствование риторических навыков студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство» // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12–1. С. 225–228.

4. Абдуллаева М.Х. Интерактивные формы обучения в современном вузе // Вопросы науки и образования. 2018. № 2 (14). С. 51–53.

5. Дворковая М.В., Куренкова Е.А. Образовательная игра как современное направление развития активного обучения // ИСОМ. 2016. № 1–2. С. 191–195.

6. Гулакова М.В., Харченко Г.И. Интерактивные методы обучения в вузе как педагогическая инновация // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2013. № 11. С. 31–35. [Электронный ресурс]. URL: http://e-koncept.ru/2013/13219.htm (дата обращения: 25.12.2019).

УДК 796.062

АНАЛИЗ ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЫТА РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ КЛАСТЕРОВ

Шитова Л.Ш.

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки, e-mail: liliyashitova@yandex.ru

Спорт играет значительную роль в национальных экономиках, в решении ряда серьезных социальных проблем, которые требуют современных подходов. Следует отметить, что в России существующие в настоящее время механизмы управления физической культурой и спортом, обладая рядом преимуществ, не лишены существенных недостатков, ограничивающих их эффективность. Система организационно-правового, экономического, финансового регулирования физической культуры и спорта не отвечает в полной мере современным требованиям. В связи с этим осуществляется постоянный поиск научно-теоретических моделей эффективного управления этой сферой. По нашему мнению, наиболее перспективным инструментом интеграции власти, спортивных организаций, федераций и населения в рассматриваемой области может стать кластерный подход. Спортивные кластеры обладают высоким потенциалом для межсекторальных взаимодействий и взаимосвязей сферы физической культуры и спорта с различными структурами других сфер хозяйствования. Тем не менее в России спортивные кластеры ни на муниципальных, ни на региональных уровнях пока не созданы. В связи с этим исследование опыта создания европейских территориальных спортивных кластеров представляется весьма актуальным. Выявленные в ходе проведенного исследования механизмы образования, развития, направления деятельности европейских территориальных спортивных кластеров могут способствовать методологическому обоснованию стратегии формирования территориальных спортивных кластеров России.

Ключевые слова: физическая культура и спорт, спортивный кластер, межсекторальные взаимодействия, национальные и наднациональные спортивные кластеры, европейские территориальные спортивные кластеры, кластерные объединения

ANALYSIS OF EUROPEAN EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF TERRITORIAL SPORTS CLUSTERS

Shitova L.Sh.

Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports, Velikiye Luki, e-mail: liliyashitova@yandex.ru

Sport plays a significant role in national economies, in solving a number of serious social problems, the solution of which requires modern approaches. It should be noted that in Russia, the currently existing mechanisms for managing physical culture and sports, while possessing a number of advantages, are not without significant drawbacks that limit their effectiveness. The system of organizational-legal, economic, financial regulation of physical culture and sports does not fully meet modern requirements. In this regard, there is a constant search for scientific and theoretical models of effective management of this sphere. In our opinion, the cluster approach can become the most promising tool for integrating the authorities, sports organizations, federations and the population in this area. Sports clusters have a high potential for intersectoral interactions and interrelations of the sphere of physical culture and sports with various structures of other economic spheres. However, in Russia, sports clusters have not yet been created either at the municipal or regional levels. In this regard, the study of the experience of creating European territorial sports clusters is very relevant. The mechanisms of formation, development, and activities of European territorial sports clusters identified in the course of the study can contribute to the methodological justification of the strategy for the formation of territorial sports clusters in Russia.

Keywords: physical culture and sports, sports cluster, intersectoral interactions, national and supranational sports clusters, European territorial sports clusters, cluster associations

Одним из актуальных направлений развития физической культуры и спорта является поиск новых методов и подходов к управлению. Действующий в настоящее время в основном бюджетный механизм функционирования физической культуры и спорта не может в полной мере удовлетворить потребности населения.

Следует отметить, что не сложилась отвечающая современным требованиям система организационно-правового, экономического, финансового регулирования физической культуры и спорта, осуществляется постоянный поиск научно-теоретических моделей эффективного управления этой сферой.

По нашему мнению, наиболее перспективным инструментом интеграции власти, спортивных организаций, федераций и населения в рассматриваемой области может стать «кластерный подход».

Спортивные кластеры обладают высоким потенциалом для межсекторальных взаимодействий и взаимосвязей сферы ФКС с различными структурами других сфер хозяйствования. Тем не менее спортивные

кластеры ни на муниципальных, ни региональных уровнях пока не созданы. Причина сложившейся ситуации кроется чаще всего в отсутствии информации у органов власти о потенциальных и реальных возможностях спортивных кластеров развивать инновационные технологии, стимулирующие развитие бизнеса в сфере досуга, транспорта, образования, туризма, окружающей среды, строительства и здоровья и, как следствие возможности спортивных кластеров практически не находят отражения в региональных программ развития.

Цель исследования: выявить механизмы образования и развития европейских территориальных спортивных кластеров для методологического обоснования стратегии формирования территориальных спортивных кластеров России.

Материалы и методы исследования

Информация о деятельности европейских территориальных спортивных кластеров для проведения настоящего исследования была получена из официальных сайтов исследуемых европейских спортивных кластерных объединений.

Методы исследования:

– анализ уставных документов европейских спортивных кластерных объединений;

– изучение стратегических программ развития европейских спортивных кластерных объединений, отчетов о деятельности;

– метод сравнения;

– метод теоретического моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Механизмы образования и развития инновационных кластеров в зарубежных странах стали предметом исследования многих ученых [1–3].

Большинство из них приходят к выводу о том, что при создании кластера могут использоваться две группы механизмов: макроэкономические механизмы, где особая роль отводится государству, и микроэкономические механизмы, где государство передает большинство своих полномочий регионам и отдельным компаниям.

В результате применения этих механизмов создаются: в первом случае – наднациональные и национальные кластеры, во втором – региональные (территориальные) кластеры. Таким образом, модель кластера определяется видом кластерной политики, применяющей тот или иной механизм.

Длительное время считалось, что инициатива по созданию кластеров однозначно должна идти «снизу» – от фирм. Однако такой подход продержался недолго. Анализ деятельности европейских кластеров, созданных относительно недавно, показал, что многие из них были созданы «сверху», государственными и региональными органами [4].

Европейской кластерной обсерваторией в рамках проведенного в 2012 г. исследования было установлено, что инициатором создания кластера в равной мере могут быть как государство, так и бизнес (инициатива «снизу»). Такой подход в настоящее время можно считать общепризнанным [5].

Правильность этой точки зрения выявляется и при анализе управления спортивными кластерами ЕС. Исследованные данные показали, что инициаторами создания территориальных спортивных кластеров чаще всего выступают организации первичного звена, т.е. организации непосредственно оказывающие услуги и производящие товары в сфере спорта и спортивной индустрии, а также иные заинтересованные стороны (стейкхолдеры).

В большей степени интерес к деятельности территориального кластера проявляют региональные органы власти, поскольку организационное объединение географически связанных субъектов вносит вклад в социально-экономическое развитие региона и стимулирует рост региональных инновационных процессов. Задача региональных органов власти на первом этапе создания спортивного кластера сводится в основном к нормативно-правовому обеспечению деятельности кластера, к созданию благоприятных экономических условий для его функционирования.

При создании спортивных кластерных объединений (ассоциаций, альянсов) кластерная инициатива принадлежит организациям национального и межнационального уровня, например на территории ЕС такой организацией выступает Европейская комиссия.

Однако следует отметить «подвижность» обеих кластерных моделей. Так, например, когда участники территориального (регионального) кластера добиваются определенных финансово-экономических результатов с целью достижения лидерства в отрасли спорта и спортивной индустрии, для упрочения своих рыночных позиций в долгосрочной перспективе, участники спортивного кластера предпринимают попытки найти новую модель устойчивого роста.

Новой востребованной европейскими спортивными кластерами моделью стала модель инновационного развития. Впервые она была предложила Европейской платформой спортивных инноваций («EPSI»), являющей-

ся наднациональной организацией, созданной на промышленной платформе ЕС.

На базе «EPSI» был запущен пилотный проект «EU4Sports». Новые достижения порождают новые цели, поэтому следующим проектом участников спортивных кластерных объединений стран ЕС стал проект Eu4sportsclusters. Проект был направлен на разработку стратегии интернационализации спортивных кластеров [6].

Используя опыт и наработки пилотного проекта «Eu4Sportsclusters», спустя два года был дан старт новому проекту «Eu4Sportsclusters alliance» («Европейский Альянс спортивных кластеров»). Стратегическая цель проекта заключалась в создании условий для апробирования и реализации стратегии интернационализации европейскими спортивными кластерами.

Использование кластерного объединения в качестве инструмента стратегии интернационализации позволило участникам кластера развить новые производственно-сбытовые цепочки и использовать международные возможности на рынках за пределами территорий государств – членов Европейского союза.

Деятельность наднациональных спортивных кластерных объединений (альянсов, ассоциаций) не является постоянной. Достигнув своей цели, организация прекращает свое функционирование. Данный вывод подтверждается данными о сроках создания и прекращения деятельности таких наднациональных спортивных кластерных объединений, как «Eu4Sportsclusters, «Eu4Sportsclusters alliance», «ClusSport», приведенными на официальных сайтах. Средний срок их деятельности составляет два года.

Анализ общих сведений о европейских спортивных кластерах и спортивных кластерных объединениях, приведенных на их официальных сайтах, показывает что европейские спортивные кластеры практически не различаются по своей структуре, направлениям деятельности, предоставляемым услугам.

Управление кластерами наднационального уровня осуществляет специализированная организация. Задача специализированной организации кластерного объединения заключается в том, чтобы осуществлять его методическое, организационное, экспертно-аналитическое и информационное сопровождение. По мнению многих ученых, именно от деятельности специализированной организации во многом зависит эффективность финансовой (государственной, муниципальной, частной) поддержки и жизнеспособность кластеров после ее прекращения [7].

В России такую функцию выполняют центры кластерного развития, инновационные центры, центры кластерных инициатив.

Среднее количество сотрудников спортивных кластерных объединений, работающих по основному месту работы полный рабочий день – 2–3 человека. В основном это менеджеры и координаторы проекта.

Управление территориальными спортивными кластерами, якорные организации которых осуществляют деятельность в сфере физической культуры, спорта и спортивной индустрии, осуществляют общее собрание участников кластера и наблюдательный совет.

Среднее количество сотрудников спортивных кластеров, работающих по основному месту работы полный рабочий день – 8 человек.

Оба вида спортивных кластеров осуществляют деятельность по четырем основным направлениям:

1. Информационно-коммуникационное взаимодействие. Наиболее востребованными способами информационно-коммуникационного взаимодействия европейских кластерных объединений в сфере спорта являются:

– проведение встреч, семинаров, форумов, ярмарок-выставок, недель спорта и т.д.;

– регулярные новостные рассылки в электронном и печатном виде;

– создание базы данных об участниках и внешних партнерах спортивного кластера;

– создание веб-страницы кластерного объединения в сфере спорта. Анализ сайтов европейских кластерных объединений в сфере спорта позволил установить, что практически все они содержат: общую информацию о кластере, о видах деятельности, составе участников проекта, инструменты для поиска партнеров, календарь предстоящих событий (деловых встреч, конференций, семинаров, курсов повышения квалификации, поездок с целью обмена опытом и т.п.), отчеты о прошедших мероприятиях, способы поиска источников финансирования мероприятий кластера и совместных проектов и т.д.

2. Установление связей между участниками кластерной инициативы.

Алгоритм работы менеджеров спортивных кластеров стран ЕС при осуществлении второго направления деятельности схематично можно представить следующим образом: поиск общих интересов – установление контакта – стимулирование взаимодействия – осуществление совместных проектов.

3. Привлечение новых компаний – участников и организаций сферы НИОКР на регулярной основе.

Реализация этого направления зависит, во-первых, от наличия конкретного результата деятельности менеджеров спортивных кластеров и всей специализированной организации. Во-вторых, от их умения донести информацию о ценности созданного в результате кластерного взаимодействия спортивного продукта, о социально-экономических преимуществах участников спортивного кластера создающих этот продукт.

4. Интернационализация деятельности спортивных кластеров.

Интернационализация деятельности кластеров осуществляется с целью усиления конкурентных преимуществ кластера за счет развития международной кооперации.

Указанный вид деятельности в первую очередь это вид деятельности спортивного кластерного объединения. Он заключается в активизации международного сотрудничества в сфере спорта и спортивной индустрии и других областях, представляющих стратегический интерес, со странами не входящими в ЕС.

Спортивные кластерные объединения разрабатывают совместную стратегию интернационализации в интересах своих участников и их МСП.

Независимо от отраслевой принадлежности все кластеры Европы в рамках участия в международных проектах осуществляемых Европейской платформой кластерного сотрудничества на конкурсной основе имеют возможность принимать участие в международной кооперации [8].

Таким образом, перечисленные выше направления осуществления деятельности европейских спортивных кластеров и спортивных кластерных объединений соответствуют базовым направлениям кластерной политики стран Евросоюза.

Так же следует обратить внимание на то, что подавляющее большинство европейских кластерных объединений сферы спорта и спортивной индустрии регламентируют свою деятельность нормами положений, принятых самим кластерным объединением (стратегии деятельности, программы развития, уставы спортивных кластеров) или нормами, вытекающими из заключенных договоров о совместной деятельности. Несмотря на то, что многие из существующих кластерных инициатив являются бенефициарами различных мер государственной поддержки, нормативные документы регламентирующие деятельность кластерных образований на федеральном (национальном) уровне практически отсутствуют, а кластерная политика развивается как составная часть, прежде всего инновационной, научно-технической политики, поддержки субъектов малого предпринимательства или даже региональной политики.

Заключение

Анализ европейского опыта создания и функционирования спортивных кластеров позволил сделать вывод о том, что европейские спортивные кластеры создаются двух видов.

Во-первых, это кластеры наднационального уровня, т.е. объединения участниками, которых являются спортивные кластеры стран ЕС. Кластеры наднационального уровня, как правило, вовлечены в трансграничное сотрудничество.

Второй тип – это собственно спортивные кластеры, которые осуществляют деятельность на региональном уровне, в месте локализации якорной организации сферы физической культуры, спорта и спортивной индустрии.

Несмотря на это, европейские спортивные кластеры практически не различаются по своей структуре, направлениям деятельности, предоставляемым услугам.

Европейские спортивные кластеры осуществляют деятельность в форме некоммерческих организаций.

Размер кластера по числу участников отличается.

Наиболее крупными являются спортивные кластерные объединения поскольку они разрабатывают и реализуют крупномасштабные региональные и национальные проекты.

Крупными могут быть и спортивные кластеры, например французский спортивный кластер «Sporal tec». Он выполняет помимо основной функции – координации деятельности всех организаций спортивной отрасли ещё и функции координации деятельности организаций не относящихся напрямую к сфере спорта, но осуществляющих деятельность в месте локализации спортивного кластера.

В целом можно отметить, что оба вида спортивных кластеров осуществляют деятельность по четырем основным направлениям:

– информационно-коммуникационное взаимодействие;

– установлении связей между участниками кластерной инициативы;

– привлечение новых компаний – участников и организаций инновационной сферы;

– интернационализация деятельности спортивных кластеров.

Основным видом деятельности спортивных кластерных объединений является

инновационная деятельность и деятельность по интернационализации в интересах своих участников.

Спортивные кластеры основное внимание уделяют повышению уровня конкурентоспособности бизнес-структур кластера за счет повышения качества предоставляемых спортивных услуг и товаров, качества среды функционирования кластера и качества человеческого капитала.

Выявленные механизмы образования и развития европейских территориальных спортивных кластеров могут способствовать методологическому обоснованию стратегии формирования территориальных спортивных кластеров России.

Список литературы

1. Королев В.И. Инновационные территориальные кластеры: зарубежный опыт и российские условия // Российский внешнеэкономический вестник. 2013. № 11. С. 22.

2. Порваткина М.В. Зарубежный опыт формирования и развития региональных кластеров в экономически развитых странах // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2015. № 12. С. 113.

3. Поспелов С.В. Использование зарубежного опыта в развитии инновационных территориальных кластеров в Российской Федерации // Вестник университета. 2016. № 12. С. 158–161.

4. Королев В.И. Механизмы образования и развития инновационных кластеров в зарубежных странах // Вестник факультета управления СПБГЭУ. 2018. № 3 (1). С. 399–404.

5. Global Cluster Initiative survey. 2012. Survey Summary Report. European Commission, European Cluster Observatory, Stockholm, 2012. [Электронный ресурс]. URL: https://cluster.hse.ru/mirror/pubs/share/212169925 (дата обращения: 10.01.2020).

6. Project «Inno4sports» [Электронный ресурс]. URL: https://epsi.eu/project/inno4sport/ (дата обращения 10.01.2020).

7. Костенко О.В. Управляющие компании кластеров: российский и зарубежный опыт // Фундаментальные исследования. 2017. № 10–3 С. 594–599.

8. Интернационализация Европейская платформа кластерного сотрудничества [Электронный ресурс]. URL: https://www.clustercollaboration.eu/tags/internationalization (дата обращения: 10.01.2020).