СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 9, 2019

ISSN 1812–7320

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

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

Электронная версия журнала top-technologies.ru/ru
Правила для авторов: top-technologies.ru/ru/rules/index
Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

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

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Журнал «Современные наукоемкие технологии» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий, и массовых коммуникаций. **Свидетельство ПИ № ФС 77 – 63399.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,909.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,282.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
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 – 27.09.2019
Дата выхода номера – 27.10.2019

Формат 60×90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания»
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. 22,38
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2019/9
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00)

СТАТЬИ

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ДИСПЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Адамантов И.Е. 9

ПРОТОКОЛЫ ВСТРАИВАНИЯ ОБЩЕЙ ПАМЯТИ В СИММЕТРИЧНЫЙ КАНАЛ СЕКРЕТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ MITM-АТАКАМ

Александров А.В., Сорокин И.И. 14

АНСАМБЛЬ КЛАССИФИКАТОРОВ: РЕАЛИЗАЦИЯ, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ИНТЕГРАЦИЯ В ОБЛАЧНУЮ ПЛАТФОРМУ ХРАНЕНИЯ, СИСТЕМАТИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

Алексеев Д.М., Минюк А.Н., Понимаш З.А., Шумилин А.С. 20

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО ВЗАИМОНАГРУЖЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ

Алексеенков А.С., Ерофеев Е.В., Найденов А.В. 26

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В МОЛЕКУЛЯРНОМ ДИЗАЙНЕ СОЕДИНЕНИЙ С ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ, АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ И ПРОТИВОМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПРОИЗВОДНЫХ АНТРАНИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. 31

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ПРОДУКЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ИНОЗАКАЗЧИКА

Антонов А.В., Сидорин В.В. 36

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ВАННЕ РУДНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Бобков В.И. 43

ПРОБЛЕМА ОПТИМИЗАЦИИ ОБОРОТА ПОЕЗДНЫХ ЛОКОМОТИВОВ

Вакуленко С.П., Попова Т.Г. 48

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ПОДЕРЖАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Гамагина А.А., Гуда А.Н., Цуриков А.Н. 53

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСА СТРЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Горелик А.В., Дорохов В.С., Орлов А.В., Смагин Ю.С. 58

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ИЗ СТАЛИ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Гоц А.Н., Гусев Д.С., Гуськов В.Ф., Люхтер А.Б. 64

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И МОДЕЛИ ДЖИЛСА – АТЕРТОНА

Денисов П.А. 70

ПРИМЕНЕНИЕ API AUTODESK INVENTOR ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Джунковский А.В., Холодов Д.А., Чикунов И.М. 75

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Дорогобед А.Н., Кунцев В.Е., Кожевникова П.В. 80

РАЗРАБОТКА МЕТОДА НЕЛИНЕЙНОГО ШИФРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ В СТЕПЕНЬ ДЛЯ КОНЕЧНОГО ПОЛЯ ГАЛУА

Калмыков И.А., Степанова Е.П., Калмыков М.И., Тынчеров К.Т. 85

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОКАЗАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

Нецветаева К.М., Старцева О.Г., Богданова Д.Р., Котельников В.А. 90

МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ КОРОТКОВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Овечкин М.В. 95

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ВЫБОРА БИЗНЕС-СИСТЕМЫ

Осипов Г.С. 100

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМИРОВАНИЯ УПРОЧНЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ, ЕГО СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА НА ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ОТ4 В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Филонович А.В., Горлов А.Н., Ворначева И.В., Костюков П.В. 107

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

СТАТЬИ

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ВОСПИТАНИЯ ЛИЧНОСТИ И РАЗВИТИЕ СПОСОБНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ИСКУССТВА

Амиржанова А.Ш., Скрипникова Е.В. 112

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГУЛЯТИВНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ У УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

Аргунова Н.В., Попова А.М. 117

ЦИФРОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ – ДОМИНАНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В РЕГИОНАЛЬНЫХ ВУЗАХ

Безпалова А.Г., Миргородская О.Н., Дадаян Н.А., Легконогих А.Н. 122

УРОВНИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПРОЕКТНОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩЕГО АРХИТЕКТОРА

Данченко Л.В., Туктамышов Н.К. 126

ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ К РЕАЛИЗАЦИИ ВАЛЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Касьянова Н.С., Суетина О.Н. 130

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ БУДУЩЕГО ВРАЧА В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК»

Липатова Е.Г. 135

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОШКОЛЬНИКОВ НА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

Лукьянова О.Л. 143

К ВОПРОСУ О ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ-ДИЗАЙНЕРОВ

Месенева Н.В. *148*

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЕННОСТЕЙ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИИ) НА ЭТАПЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ

Осинская А.А., Гурьева А.Б., Дегтярева Т.Г., Егорова Е.Е. *153*

ВОЗМОЖНОСТИ УЧЕБНИКОВ И ПРОГРАММ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ ПО ВОПРОСУ ОБУЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭВФЕМИЗМОВ В РЕЧИ

Рапаева Ю.В. *158*

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МИМИКИ И ИНТОНАЦИИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА

Тишина Л.А., Ермолова Д.П. *163*

СУЩНОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕГРАТИВНОГО ПОДХОДА К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ

Ульянова И.В. *170*

НЕКОТОРЫЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН ИЗ ОБЛАСТЕЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ В СОВРЕМЕННОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Фокин Р.Р. *175*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00)

ARTICLES

PRINTED ELECTROLUMINESCENT DISPLAY
Adamantov I.E. 9

MEMORY INTEGRATION PROTOCOLS IN THE SYMMETRIC SECRET COMMUNICATION CHANNEL FOR COUNTERING MITM-ATTACK
Aleksandrov A.V., Sorokin I.I. 14

CLASSIFIERS ENSEMBLE: IMPLEMENTATION, ESTIMATION OF EFFICIENCY AND INTEGRATION IN A CLOUDED PLATFORM FOR STORAGE, SYSTEMATIZATION AND PROCESSING OF MEDICAL DATA
Alekseev D.M., Minyuk A.N., Ponimash Z.A., Shumilin A.S. 20

RESEARCH OF THE FORCE FIGHTING AT THE JOINT WORK DISSIMILAR ELECTROHYDRAULIC ACTUATOR
Alekseenkov A.S., Erofeev E.V., Naydenov A.V. 26

MATHEMATICAL MODELING USING REGRESSION MODELS IN THE MOLECULAR DESIGN OF COMPOUNDS WITH ANTI-INFLAMMATORY, ANALGESIC AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ANTHRANILIC ACID DERIVATIVES
Andryukov K.V., Korkodinova L.M. 31

THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE SERVICE CENTER MAINTENANCE AND REPAIR OF MILITARY PRODUCTS PURPOSE IN THE TERRITORY OF A FOREIGN CUSTOMER
Antonov A.V., Sidorin V.V. 36

MATHEMATICAL MODEL OF TRANSFER PROCESSES IN VANN ORE-SMELTING FURNACE OF THE FURNACE ON THE BASIS OF HYDRODYNAMIC APPROACH FOR THE ANALYSIS OF THE HEATHYDRAULIC MODES OF FUNCTIONING
Bobkov V.I. 43

PROBLEMS OF OPTIMIZING LOCOMOTIVE TURNOVER
Vakulenko S.P., Popova T.G. 48

THE APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR VALUATION OF USED CARS
Gamagina A.A., Guda A.N., Tsurikov A.N. 53

STATISTICAL EVALUATION OF THE ELECTRIC SWITCH MECHANISM RESOURCE
Gorelik A.V., Dorokhov V.S., Orlov A.V., Smagin Yu.S. 58

METHOD OF CALCULATION OF THE DURABILITY OF THE CONSTITUENT ELEMENTS OF VEHICLE BODIES MADE OF STEEL AND ALUMINUM ALLOYS
Gots A.N., Gusev D.S., Guskov V.F., Lyukhter A.B. 64

MATHEMATICAL MODELING OF MAGNETIC FIELD USING BOUNDARY INTEGRAL EQUATION METHOD AND JILES-ATHERTON MODEL
Denisov P.A. 70

USAGE OF AUTODESK INVENTOR API FOR AUTOMATIC PARAMETRIC MODELLING OF ENGINEERING PARTS
Dzhunkovskiy A.V., Kholodov D.A., Chikunov I.M. 75

THE USE OF THE METHOD OF THE MONTE-CARLO FOR MONITORING THE ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF GEOLOGICAL MODELS

Dorogobed A.N., Kuntsev V.E., Kozhevnikova P.V. 80

DEVELOPMENT OF A METHOD NONLINEAR ENCRYPTION INFORMATION, USING THE OPERATION OF EXPONENTIATION FOR FINITE FIELD GALOIS

Kalmykov I.A., Stepanova E.P., Kalmykov M.I., Tyncherov K.T. 85

MANAGING PROCESS OF PROVIDING SERVICES DISTANCE LEARNING ON THE BASIS OF STUDENTS INDIVIDUAL FEATURES

Netsvetaeva K.M., Startseva O.G., Bogdanova D.R., Kotelnikov V.A. 90

METHODOLOGY OF AUTOMATED CONTROL OF CRITICAL PRODUCTS BY METHODS OF SHORT-WAVE ELECTROMAGNETIC RADIATION

Ovechkin M.V. 95

RESEARCH OF THE FUZZY MODEL OF THE CHOICE OF THE BUSINESS SYSTEM

Osipov G.S. 100

INVESTIGATION OF THE KINETIC CHARACTERISTICS OF THE FORMATION OF A HARDENED SURFACE LAYER, STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION ON THE OT4 TITANIUM ALLOY IN THE PROCESS OF ELECTROSPARK DOPING

Filonovich, A.V., Gorlov A.N., Vornacheva I.V., Kostyukov P.V. 107

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

ARTICLES

SOME ASPECTS OF ARTISTIC EDUCATION OF THE PERSONALITY AND DEVELOPMENT OF ABILITIES BY MEANS OF ART

Amirzhanova A.Sh., Skripnikova E.V. 112

USE OF METHODOLOGICAL TECHNIQUES IN DEVELOPING STUDENTS' REGULATORY UNIVERSAL LEARNING ACTIVITIES IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS

Argunova N.V., Popova A.M. 117

DIGITAL COMMUNICATION IS A DOMINANT OF THE EDUCATIONAL PROCESS AT A REGIONAL UNIVERSITY

Bezpalova A.G., Mirgorodskaya O.N., Dadayan N.A., Legkonogikh A.N. 122

LEVELS OF SPATIAL-DESIGN THINKING OF THE FUTURE ARCHITECT

Danchenko L.V., Tuktamyshov N.K. 126

THE IMPLEMENTATION OF THE VALEOLOGICAL APPROACH WHILE TRAINING BACHELORS IN THE COURSE OF PHYSICAL EDUCATION AND LIFE SAFETY

Kasyanova N.S., Suetina O.N. 130

PROFESSIONAL COMMUNICATIVE CULTURE FORMING IN FUTURE DOCTORS WITHIN THE FRAMEWORK OF FOREIGN LANGUAGE DISCIPLINE

Lipatova E.G. 135

EFFECTIVE METHODS OF ORGANIZING ACTIVITIES FOR PRESCHOOLERS MATH LESSONS

Lukyanova O.L. 143

TO THE QUESTION ABOUT THE PRACTICE – ORIENTED TEACHING OF THE DESIGNER STUDENTS

Meseneva N.V. 148

THE CHARACTERISTIC FEATURES OF THE PERSONALITY
OF STUDENTS OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)
AT THE STAGE OF PROFESSIONAL FORMATION

Osinskaya A.A., Gureva A.B., Degtyareva T.G., Egorova E.E. *153*

OPPORTUNITIES FOR RUSSIAN LANGUAGE TEXTBOOKS AND PROGRAMS
ON LEARNING THE USE OF EUPHEMISMS IN SPEECH

Rapaeva Yu.V. *158*

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF FACIAL EXPRESSIONS AND INTONATION
OF CHILDREN OF PRIMARY SCHOOL AGE WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS

Tishina L.A., Ermolova D.P. *163*

THE ESSENTIAL CHARACTERISTIC OF AN INTEGRATIVE APPROACH
TO PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS

Ulyanova I.V. *170*

SOME OF THE PSYCHOLOGICAL AND STATISTICAL ASPECTS OF TEACHING DISCIPLINES
OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE IN THE MODERN HIGHER SCHOOL

Fokin R.R. *175*

СТАТЬИ

УДК 004.353.254.4

ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ДИСПЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Адамантов И.Е.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург, e-mail: crowned@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос автоматизации производства электролюминесцентных дисплеев на основе технологии печатной электроники. Печатная электроника – это технология, которая позволяет печатать электронные схемы и компоненты с использованием проводящих, полупроводящих или изолирующих красок с применением известных методов печати. Появление печатной электроники связано с разработкой новых материалов, которые при определенных условиях могут иметь свойства, схожие со свойствами кремния, и впоследствии использоваться в электронных и компьютерных технологиях. При добавлении определенных компонентов (органические полимеры и наночастицы металлических соединений) в жидкость, применяемую для печатной краски, и нанесении на подложку и создаются активные или пассивные элементы электрической схемы, такие как тонкопленочные транзисторы или резисторы. Благодаря таким возможностям на данном этапе развития солнечная батарея, чипы памяти, радиочастотные метки и дисплеи доступны для производства печатной электроники. Для их изготовления используются традиционные методы печати, такие как шелкотрафаретная, флексографская, глубокая и струйная печать. На основе проведенного анализа в работе показано, что эта технология может применяться для создания печатных дисплеев, воспроизводящих графическую информацию. Проведено сравнение между возможными типами дисплеев, такими как электрохроматические, жидкокристаллические, электролюминесцентные и электрофоретические. На основе результатов сравнения создана экспериментальная установка для автоматизации технологии и получены образцы электролюминесцентного дисплея на бумажной подложке.

Ключевые слова: электролюминесцентный дисплей, автоматизация, технология, печатная электроника, печать, токопроводящие краски

PRINTED ELECTROLUMINESCENT DISPLAY

Adamantov I.E.

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint-Petersburg, e-mail: crowned@mail.ru

The article discusses the issue of automating the production of electroluminescent displays based on the technology of printed electronics. Printed electronics is a technology that allows electronic circuits to be printed using conductive, semi-conducting or insulating inks using well-known printing methods. The appearance of printed electronics is associated with the development of new materials, which under certain conditions may have properties similar to those of silicon. When certain components are added to the liquid used for printing ink and applied to the substrate, active or passive elements of the electric circuit are created. Due to such possibilities, at this stage of development, solar cells, memory chips, radio frequency tags and displays are available for production by printed electronics. For their manufacture can be used traditional printing methods, such as screen printing. Based on the analysis performed, it was shown that this technology can be used to create printed displays. A comparison was made between the possible types of displays, such as electrochromic, electroluminescent and OLED. Based on the comparison results, an experimental setup for the automation of technology was created and samples of an electroluminescent display on a paper substrate were obtained.

Keywords: electroluminescent display, automation, technology, printed electronics, print, conductive inks

В современном мире стремительно развиваются технологии. Даже в такой консервативной сфере, как полиграфия, существуют свои «гигантские скачки». Примером этому служит печатная электроника [1], которая может стать как новым этапом развития полиграфической промышленности, так и ее дополнением.

За прошедшие годы несколько авторов рассмотрели технологию электролюминесценции в деталях. Следует отметить H.W. Leverenz, 1950 [2]; H.F. Ivey, 1963 [3]. В том числе были проделаны работы по печати электролюминесцентных дисплеев, например Chris Nixon, Veronica Kopp [4]. Но и в этих работах использовались в качестве подложки пленки типа ПЭТ.

Однако печати на бумажной основе не уделялось должного внимания. Эти вопросы рассмотрены в настоящей работе, целью которой является разработать технологию печати дисплея на бумажной подложке. Основными задачами стали выбор и автоматизация технологии и создание экспериментальной установки для печати образцов и исследование их характеристик.

Особенность данной работы заключается в создании экспериментальной установки для автоматизации печати электролюминесцентных дисплеев на бумажной подложке.

Для автоматизации печати электролюминесцентных дисплеев необходимо выбрать технологию печати и материалы для создания дисплея, рассмотреть структуру

и принципы работы современных дисплеев, выбрать промышленный прототип для печати дисплея, собрать устройство печати на основе выбранного прототипа, реализовать экспериментальные образцы печатного дисплея и провести анализ технических характеристик данного образца.

Материалы и методы исследования

Типы дисплеев

Электролюминесцентный дисплей

То, что некоторые материалы (сульфид цинка, арсенид галлия, фосфор и т.д.) имеют свойство излучать видимый свет при прохождении электрического тока, известно ещё с 1937 г. Однако практическое применение в дисплеях этот эффект получил применение лишь через 50 лет, когда появились тонкопленочные электролюминесцентные материалы [5].

Электролюминесцентный дисплей – тип дисплея, состоящий из слоя электролюминесцентного материала, который, в свою очередь, состоит из специально обработанных кристаллов фосфора (P) или арсенида галлия (GaAs). Данный слой находится между двумя слоями токопроводящего материала – нижнего непрозрачного, изготовленного из алюминия, и верхнего прозрачного. Когда ток постоянного напряжения подается на проводники, нижний и верхний слой, электролюминесцентный материал начинает отдавать фотоны и таким образом начинается светиться (рис. 1).

Обычное использование электролюминесцентных дисплеев: источники света, дисплеи медицинского инструмента, ценники.

Электролюминесцентные дисплеи могут быть напечатаны с помощью шелкотрафаретной, струйной или глубокой печати.

Электрохроматические дисплеи

Если рассматривать упрощенно структуру электрохроматического дисплея, то он состоит из двух электрохроматических слоев, разделенных электролитическим слоем [6]. Электрохроматиеский дисплей работает от внешнего напряжения, для которого используются проводящие электроды с обеих сторон обоих электрохроматических слоев. Базовая структура электрохроматического устройства содержит пять слоев, наложенных на одну подложку или расположенных между двумя подложками в многослойной конфигурации (рис. 2). В этой структуре есть три принципиально различных вида слоистых материалов в электрохроматическом дисплее: электрохроматический слой и ионоаккумулирующий слой проводят ионы и электроны и относятся к классу смешанных проводников, электролит же является чистым ионным проводником и разделяет два электрохромных слоя. Прозрачные проводники являются чистыми электронными проводниками. Оптическое поглощение происходит, когда электроны движутся в электрохромные слои от прозрачных проводников вместе с ионами, уравновешивающими заряд, поступающими из электролита.

Так как электрохроматические дисплеи являются отражающими, а не излучающими, они обычно используются как дисплеи медицинских инструментов, ценники, плакаты.

Электрохроматические дисплеи могут быть напечатаны шелкотрафаретной или струйной печатью.

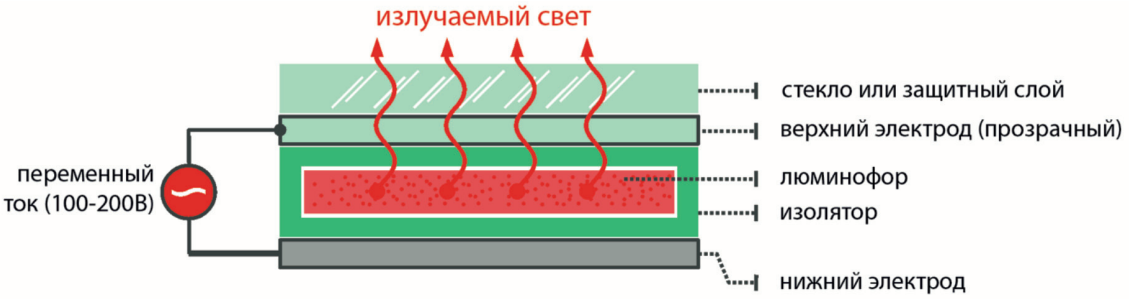


Рис. 1. Схема электролюминесцентного дисплея

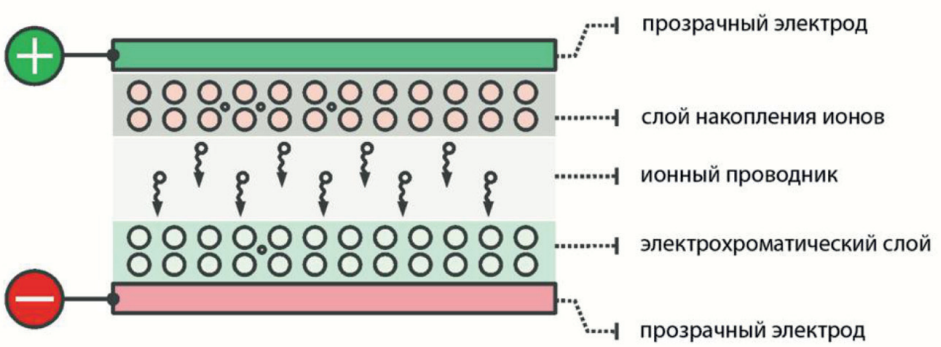


Рис. 2. Схема электрохроматического дисплея

Дисплеи на основе органических светодиодов (OLED)

Для создания органических светодиодов (OLED) используются пленочные многослойные структуры, слои которых состоят из нескольких полимеров (рис. 3). Когда напряжение, поданное на анод, является положительным относительно катода, поток электронов идет через устройство от катода к аноду. Таким образом, катод излучает электроны в эмиссионном слое, а анод забирает электроны из проводящего слоя или анод дает дырки для проводящего слоя. Эмиссионный слой в итоге получает отрицательный заряд, а проводящий слой – положительный. Электроны и дырки под воздействием электростатики движутся навстречу друг другу и рекомбинируются при встрече. Рекомбинация происходит ближе к эмиссионному слою, потому что в органических полупроводниках дырки имеют большую подвижность, чем электроны. Энергия электрона уменьшается, когда происходит рекомбинация, и это сопровождается эмиссией электромагнитного излучения в области видимого света. Именно из-за этого слой называется эмиссионным слоем. Дисплей не будет работать, если на анод подается отрицательное напряжение относительно катода. В этом случае дырки движутся к аноду, а электроны в направлении, противоположном катоду, и никакой рекомбинации не происходит.

OLED-дисплеи обычно используются в телевизорах или компьютерных мониторах, лампах освещения, сотовых телефонах, фотоаппаратах.

OLED-дисплеи могут быть напечатаны шелкотрафаретной, флексографской или струйной печатью.

Исходя из вышеприведенного анализа дисплеев для экспериментального образца был выбран электролюминесцентный дисплей, так как он имеет свойства излучать, а не отражать свет в отличие от электрохроматических и электрофоретических дисплеев и имеет более простую конструкцию в отличие от дисплеев на основе органических светодиодов.

Выбор метода печати и красок

Метод печати

Шелкотрафаретная печать – один из наиболее используемых способов печати. Процесс печати происходит, когда краска проходит через сетку, состоящую из нитей. Перед печатью сетку с фоточувствительным слоем экспонируют, чтобы получить на ней нужное изображение. При экспонировании, под воздействием света фоточувствительный слой разрушается и таким образом засвеченные места приобретают свойства пропускать сквозь себя краску, формируя тем самым печатные элементы. Участки же, которые не подверглись воздействию света, соответственно, сохранили свою целостность и не будут пропускать краску при печати. Таким образом получена печатная форма. После этого печатная форма накладывается на запечатываемую поверхность, поверх неё наносится краска и специальным ножом-ракелем продавливается сквозь сетку и через ее печатные элементы на запечатываемый материал и таким образом происходит формирование изображения. После того, как материал запечатан, проводится закрепление красочного слоя. В зависимости от используемой краски и ее компонентов, это может быть как сушка ультрафиолетовой лампой, сушка инфракрасной лампой, так и сушка обычным температурным воздействием.

В нашем случае требуется напечатать светящийся объект, имеющий простую форму, а для получения высокой проводимости потребуется большая толщина слоя. Для эксперимента потребуется сделать небольшой тираж дисплеев, чтобы определить повторяемость и автоматизацию, поэтому этот способ печати лучше всего подходит для эксперимента.

В ходе работы была создана экспериментальная установка на основе полуавтоматической машины для шелкотрафаретной печати (рис. 4), которая позволила автоматизировать процесс печати электролюминесцентных дисплеев благодаря автоматическому переносу запечатываемого материала на вакуумный стол.

Выбор краски

Так как электролюминесцентный дисплей состоит из четырех разных слоев, то для каждого слоя была подобрана отдельная краска. В качестве нижнего проводника было принято решение использовать токопроводящую краску на основе графита. Ввиду того, что проводящая её способность достаточна, она является самым нижним слоем и соответствует требованиям проводника. Для слоя изолятора была выбрана обычная белая типографская краска, так как ее свойства позволяют хорошо изолировать предыдущий слой. В качестве люминофорного слоя была выбрана краска на основе капсулированного фотолюминофора. И, наконец, в качестве верхнего, прозрачного электрода была выбрана краска на основе наночастиц серебра, с содержанием этих частиц в размере 1 % к основному составу краски. Такой состав позволяет сохранить прозрачность при достаточной проводимости.

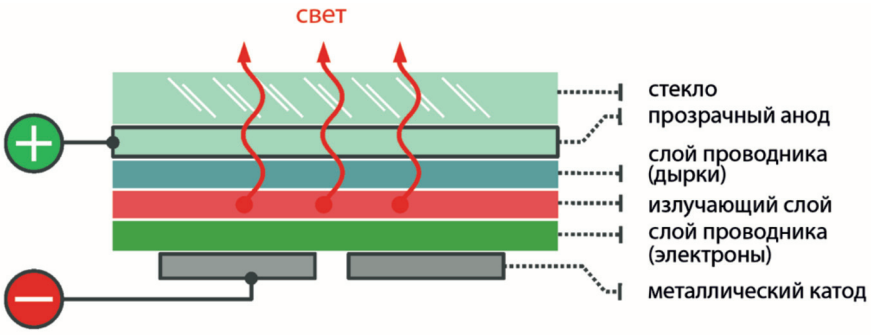


Рис. 3. Схема дисплея на основе органических светодиодов

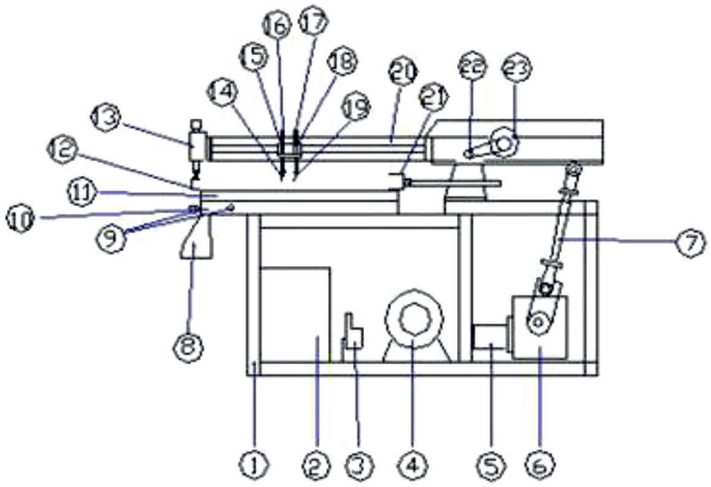


Рис. 4. Схема полуавтоматической машины для высокоточной шелкотрафаретной печати: 1 – рама машины; 2 – электрический шкаф; 3 – соленоидный клапан; 4 – вакуумный насос, 5 – главный двигатель; 6 – редуктор; 7 – тяга подъема и опускания; 8 – предохранительное ограждение; 9 – ручка точной регулировки вакуумного стола; 10 – основание стола; 11 – подвижная панель стола; 12 – передний держатель рамы с сетки; 13 – регулировка переднего края сетки; 14 – ракель; 15 – пневмоцилиндр подъема и опускания ракеля; 16 – ручка регулировки высоты ракеля; 17 – ручка регулировки высоты оросителя; 18 – пневмоцилиндр подъема и опускания оросителя; 19 – ороситель; 20 – подъемная рама; 21 – заднее крепление сетки; 22 – ось привода каретки; 23 – двигатель каретки

Технология изготовления дисплея

Для изготовления дисплея потребовалось сначала разработать его дизайн, то есть то, что мы увидим в конечном результате. При помощи программы векторной графики был создан макет изображения (рис. 5). После этого макет был поделен на слои (рис. 6): нижний проводник, изолятор, люминофор, прозрачный проводник. После чего при помощи фотонабора были выведены пленки, с которых экспонировались формы для шелкотрафаретной печати. Для печати была выбрана сетка из полиэстера 160 нитей на см^2, позволяющая нанести наиболее равномерный слой. Экспериментальным путем было определено, что нижний электрод следует наносить на подложку в три прохода и после этого подвергнуть сушке при температуре 200 градусов в течение 3 мин в туннельной сушке, после этого запечатываемый материал автоматически переносился обратно в печатную секцию, где наносился слой изолятора в два прохода, для уверенной изоляции нижнего электрода от верхнего и его же сушка тоже при 200 градусах в течение 3 мин в туннельной сушке, после этого наносился слой люминофора в один проход и его сушка при 170 градусах в течение 2 мин и после этого был нанесен слой прозрачного проводника и его сушка при 200 градусах в течение 3 мин.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования выбраны технологии и материалы для создания печатного дисплея, собрана экспериментальная установка на основе шелкотрафаретного станка для печати дисплея, был воспроизведен тираж электролюминесцентных дисплеев на бумажной основе (рис. 7). Сопротивление нижнего электрода составило 340 Ом, а верхнего – 42 кОм, что явилось достаточным для функционирования дисплеев. Для работы дисплея необходимо было подключить его к источнику питания с переменным напряжением 110 В и частотой 400 Гц.

Рис. 5. Макет изображения

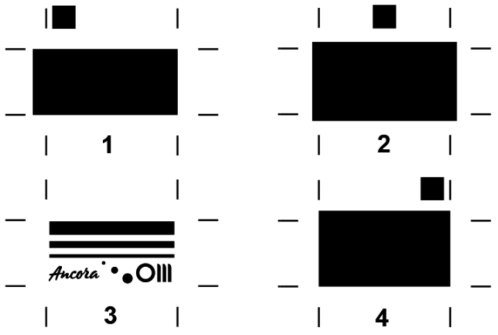


Рис. 6. Функциональные слои дисплея: 1 – нижний электрод, 2 – изолятор, 3 – люминофор, 4 – прозрачный верхний электрод

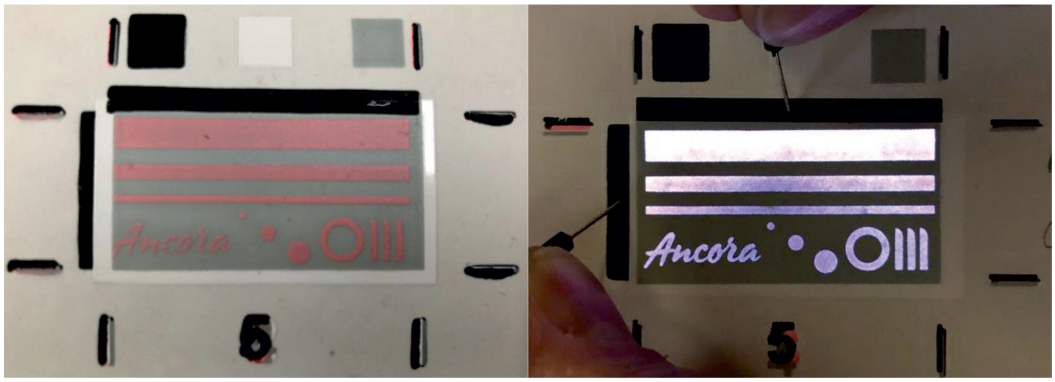


Рис. 7. Слева – напечатанный дисплей в пассивном состоянии, справа – в активном

Заключение

В ходе эксперимента были подобраны материалы и краски для реализации печатного электролюминесцентного дисплея, разработана технология печати на основе шелкотрафаретного печатного оборудования, разработан дизайн дисплея, произведены тестовые измерения проводимости в слое. Результатом эксперимента явился автоматизированный процесс производства электролюминесцентных дисплеев на бумажной подложке. Данные дисплеи могут быть использованы в упаковочной промышленности для изготовления упаковки со светящимися элементами, что позволит повысить привлекательность упакованной продукции и повысить продажи. А собранная установка позволит производить и прочие электронные компоненты в автоматизированном режиме и при помощи токопроводящих красок.

Список литературы

1. Coatanéa E., Kantola V., Kulovesi J., Lahti L., Lin R., Zavodchikova M. Bit Bang – Rays to the Future. 2009. P. 63–102.

2. Leverenz H.W. An Introduction to Luminescence of Solids. 1950. P. 75–76.

3. Ivey H.F. Advances in Electronics and Electron Physics, Supplement 1. 1963. P. 110–112.

4. Nixon C., Kopp V. Printed Electroluminescent Display, Electrical engineering and graphic communication departments, California Polytechnic State University, 2012. [Electronic resource]. URL: https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1088&context=grcsp (date of access: 27.06.2019).

5. Li S., Peele B.N., Larson C.M., Zhao H.C. Shepherd R.F. A stretchable multicolor display and touch interface using photopatterning and transfer printing. Advanced Materials. 2016. vol. 28. P. 9770–9775.

6. Peng F.B., Hayes R.A., Ming J.L., Ling L.S., Zi Y.C., Wang L., Zhang X., Zhou G.F. Progress in electromagnetics research. 2014. vol. 147. P. 95–116.

УДК 004.056:003.26

ПРОТОКОЛЫ ВСТРАИВАНИЯ ОБЩЕЙ ПАМЯТИ В СИММЕТРИЧНЫЙ КАНАЛ СЕКРЕТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ MITM-АТАКАМ

Александров А.В., Сорокин И.И.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, e-mail: alex_izi@mail.ru

В статье предложены протоколы создания симметричного ключа и обмена сообщениями между Отправителем и Получателем, устойчивыми по отношению к атакам пассивного и активного противника в модели секретной связи, в частности к атакам типа «человек посередине». Для решения этого ряда задач вводится общая память у Отправителя и Получателя в модели симметричной секретной связи К. Шеннона. Для сеанса связи Отправитель и Получатель обмениваются предварительным ключом, содержащим ссылки на сегменты общей памяти. Симметричный криптографический ключ строится на основе предварительного. Показано, что, при перехвате этого вектора, противник в канале связи получает некоторую долю информации о значении симметричного ключа, но недостаточную для определения этого ключа. Для поддержания удаленной целостности общей памяти предложено использовать технику деревьев Дамгарда – Меркла, для этого разрабатывается криптографический протокол. Рассмотрены варианты статической и динамической общей памяти. Использование динамической общей памяти может снять проблему передачи ключа по каналу связи. Предложенные протоколы имеют универсальный характер и могут быть использованы как самостоятельно, так и в протоколах семейства TLS передачи данных.

Ключевые слова: криптографический протокол, протокол Диффи – Хеллмана, общая память, дерево Дамгарда – Меркла, хэш-функция

MEMORY INTEGRATION PROTOCOLS IN THE SYMMETRIC SECRET COMMUNICATION CHANNEL FOR COUNTERING MITM-ATTACK

Aleksandrov A.V., Sorokin I.I.

Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov, Vladimir, e-mail: alex_izi@mail.ru

The article proposes protocols for creating a symmetric key and exchanging messages between Sender and Receiver stable in relation to attacks of a passive and active adversary in secret communication models, in particular, to the attacks of the type «man in the middle». To solve this series of problems, the common memory of the Sender and the Recipient is introduced in the model of K. Shannon's symmetric secret communication. For a communication session, the Sender and the Recipient exchange a preliminary key containing links to segments of shared memory. Symmetric cryptographic key is built on the basis of preliminary. It is shown that when intercepting this vector, the adversary in the communication channel receives a certain amount of information about the value of the symmetric key, but not enough to determine this key. To maintain the remote integrity of shared memory, it is proposed to use the Damgard-Merkle tree technique; for this, a cryptographic protocol is being developed. The options for static and dynamic shared memory are considered. Using dynamic shared memory can solve the problem of transmitting a key over a communication channel. The proposed protocols are universal in nature and can be used both independently and in protocols of the TLS family of data transmission. The proposed protocols are universal and can be used in the TLS data transmission protocols.

Keywords: cryptographic protocol, Diffie-Hellman protocol, shared memory, Damgard-Merkle tree, hash function

Один из первых двусторонних протоколов открытого распределения ключей предложен в 1976 г. У. Диффи, М. Хеллманом. Протокол основан на трудности решения задачи дискретного логарифма в мультипликативной группе большого порядка с образующей α.

1. A→B: $\alpha^x \bmod p$
2. B→A: $\alpha^y \bmod p$ (DH)
3. A: $k_{AB} = ((a^y)^x) \bmod p$
4. A: $k_{BA} = ((a^x)^y) \bmod p$

Несмотря на то, что задача дискретного логарифма NP-трудна, существует вариант атаки «человек посередине» активного противника (MITM), против которого DH-протокол бессилен, ввиду отсутствия в нем аутентификации сторон. Для проведения атаки противник С не обязан решать задачу дискретного логарифмирования, однако, пользуясь отсутствием аутентификации в (DH), встает посередине между А и В, представляясь для А абонентом В, для В соответственно абонентом А. Далее, не обнаруживая себя, он осуществляет подмену передаваемых значений на свои значения, не решая при этом задачу дискретного логарифма и контролируя после завершения протокола обе части разорванного канала связи между А и В.

1. A→C: $\alpha^x \bmod p$
2. C→B: $\alpha^x \bmod p$
3. B→C: $\alpha^y \bmod p$
4. C→A: $\alpha^y \bmod p$ (MITM DH)

5. A: $k_{AC} = (\alpha^{y^*})^x \bmod p$
6. B: $k_{BC} = (\alpha^{y})^{x^*} \bmod p$
7. C: $k_{AC} = (\alpha^{x})^{y^*} \bmod p$
8. C: $k_{CB} = (\alpha^{x^*})^{y} \bmod p$

В связи с востребованностью DH-протокола в приложениях, приведены многочисленные варианты усиления DH в направлении аутентификации сторон A и B, с относительным сохранением свойств протоколов открытого распределения колючей. Далее мы воспользуемся только описанием направлений усиления, пользуясь детальным обзором в книге [1].

Первые усиления основаны на использовании доверенного центра и введении доверенных сертификатов, связывающих участников протокола $X \in \{A, B\}$ со значениями a^x, a^y и подписью доверенного центра Sig_T:

$$cert_x = \left(X, \alpha^x \bmod p, Sig_T\left(X, \alpha^x \bmod p\right), X \in \{A, B\}\right).$$

В первоначальном варианте семействе протоколов MTI [1, с. 174] без участия доверенного центра предполагается у участников протокола секретных ключей, и формулы выработки секретного ключа мультипликативно зависят от их значений. В результате MITM-атаки противника, все стороны протокола получат различные ключи, что будет обнаружено в результате чтения переданных сообщений. В последующих усилениях MTI появляется зависимость и от открытых ключей участников работы протокола.

В нашей работе в рамках модели секретной связи К. Шеннона мы предлагаем аддитивные протоколы порождения симметричного ключа и обмена данными, противодействующие атаке человек посередине. Для этого нами используется предварительно созданная Отправителем A и Получателем B и разнесенная на соответствующие устройства общая память – целочисленное множество значений $D = \{d_1 \ldots d_n\}$. Строго говоря, использование общей памяти выходит за рамки протоколов открытого распределения ключей, и само использование общей памяти достаточно сильно идентифицирует канал связи между абонентами A и B. Однако с учетом того, что значения общей памяти, вообще говоря, произвольны и не являются дополнительными идентификаторами, а представленные протоколы не требуют привлечения третьей доверенной стороны – арбитра, а также секретных и публичных ключей абонентов секретной связи, мы считаем, что такой подход имеет право на существование.

Цель: разработка протоколов создания симметричного ключа и обмена сообщениями между Отправителем и Получателем на основе общей памяти, устойчивых по отношению к активному и пассивному противнику в канале связи.

Определения

Обозначим здесь и далее $m > 1$ размер симметричного криптографического ключа k, $f_k^{\pm 1}(S)$ функции симметричного шифрования/расшифрования и пусть $H_k(S)$ – ключевая хэш-функция, сильно сопротивляющаяся поиску коллизий.

Определение 1: Назовем общей памятью Отправителя (A) и Получателя (B) – согласованное между Отправителем и Получателем и разнесенное на устройства Отправителя и Получателя числовое множество $D = \{d_1 \ldots d_n\}$, $n > 1$, $n < m$.

В качестве элементов D могут выступать файлы, расположенные на информационных носителях Отправителя A и Получателя B, и только на них. Смысл значений $D = \{d_1 \ldots d_n\}$, $n > 1$, $n < m$ нас не интересует. После разнесения общей памяти на устройства пользователей множество $D = \{d_1 \ldots d_n\}$, $n > 1$, $n < m$ и его элементы, если это необходимо, снабжаем индексом $X \in \{A, B\}$ для того, чтобы подчеркнуть, на каком устройстве мы рассматриваем само множество и его элементы. Наличие общих элементов Отправителя A и Получателя B, конечно, выходит за рамки модели секретной связи К. Шеннона, однако не противоречит модели угроз Долев – Яо, предложенной в 1981 г. Д. Долевым и А. Яо для детального описания среды, в которой происходит обмен шифрованными сообщениями, при наличии в ней пассивного или активного противника C.

Процедура создания общей памяти, выработки первого значения симметричного ключа и первого ключевого хэша не предполагает использования канала связи и выполняется в момент создания множества D.

Определение 2. Свяжем со значениями общей памяти предварительный ключ

$$E = \left(e_1 \ldots e_n\right), e_i \in \left\{0,1\right\}, E \neq 0. \qquad (1)$$

Для выработки симметричного ключа используем аддитивную формулу

$$k_E = \sum_{i=1}^{n} e_i d_i \bmod 2^m, \qquad (2)$$

где, напомним, m – размер сеансового ключа шифрования.

Утверждение 1: Пусть $D = \{d_1 \ldots d_n\}$, $n > 1$, $n < m$ – общая память, созданная на устройствах отправителя и получателя ($D^A = D^B$) в модели секретной связи К. Шеннона, E – предварительный ключ, k_E – сеансовый ключ. Тогда противник С по значению предварительного ключа $E \neq 0$ не может построить симметричный ключ k_E. Это можно выразить в терминах условной энтропии К. Шеннона. $H(S|S_i)$: меры неопределенности значения S при условии обладания значением S_i

$$\begin{cases} H(k_E \mid \{E, D\}) = 0 \\ H(k_E \mid \{E\}) = H(k_E) - \delta(|E|) \end{cases}, \quad (3)$$

где $\delta(|E|) < H(k_E)$.

В терминах условной энтропии Шеннона, понимаемой относительно вероятностных распределений для значений k_E, E, D, первое равенство означает, что неопределенность значения ключа k_E по значениям теней E, D полностью снимается. Второе соотношение определяет меру неопределенности симметричного ключа для противника С при перехвате предварительного ключа и несовершенность схемы разделения секрета следует из работы [2].

Доказательство использует технику (2,2) пороговых схем разделения секрета [2], для которых секретным значением является ключ k_E. Долями секрета являются соответственно значения D, E.

В силу разбалансирования размеров долей секрета друг относительно друга, схема разделения, порождаемая формулой (2), является (2,2) пороговой, не идеальной, не совершенной. Математическая конструкция подобных схем исследована в работах Kurosawa. В частности, из неидеальности СРС вытекает последняя формула в (3).

Криптографические протоколы создания симметричного ключа и передачи данных

Пусть противник С в канале связи пассивный, перехватывает весь трафик в канале связи, но не имеет возможности подмены.

Приведем протокол создания симметричного ключа, безопасный по отношению к пассивному противнику.

1. $A \to B : E = \{e_1 \ldots e_n\} \neq 0$
2. $A : k_{AB} = \sum e_i d_i \bmod 2^m$ (4)
3. $B : k_{BA} = \sum e_i d_i \bmod 2^m$

В силу утверждения 1 противник С не имеет возможности построить значение $k_{BA} = k_{AB}$.

Для противодействия активному противнику, который может перехватывать и видоизменять передаваемый трафик, воспользуемся ключевой хэш-функцией $H_{d_e}(S)$ с ключом d_e – предыдущим сгенерированным сеансовым ключом. Приведем двусторонний протокол формирования нового симметричного ключа, безопасный по отношению к активному противнику

1. $A \to B : E = \{e_1 \ldots e_n\} \| H^A_{d_e}(E)$
2. $B : H^B_{d_e}(E)$; если $H^b_{d_e}(E) \neq H^A_{d_e}(E)$, то стоп
3. $A : k_{AB} = \sum e_i d_i \bmod 2^m ; H^A_{d_e}(k_{AB})$
4. $A : k_{BA} = \sum e_i d_i \bmod 2^m ; H^B_{d_e}(k_{BA})$ (5)
5. $A \to B : H^A_{d_e}(k_{AB})$
6. B: если $H^A_{d_e}(k_{AB}) = H^B_{d_e}(k_{BA})$, то $d_e \leftarrow k_{BA}$, иначе стоп
7. $B \to A : Ok$
8. A: если Ok, то $d_e \leftarrow k_{AB}$.

Нетрудно видеть, что такое усиление протокола (4), в силу свойств $H_{d_e}(S)$ и утверждения 1, эффективно противостоит активному противнику в канале связи. В самом деле, противник на шаге (5.1) может легко изменить вектор E, однако не может построить функцию $H_{d_e}(S)$, так как не имеет доступа к общей памяти в модели Долев – Яо, хотя и знаком с ее описанием. В то же время абонент B, зная $H_{d_e}(S)$, легко может обнаружить факт подмены предварительного ключа Е, на шаге (5.2) протокола передачи. Противник также может совершить перехват и подмену $H_{d_e}(k_{AB})$ на шаге (5.5), разрушая протокол создания симметричного ключа, однако на шаге (5.6) этот факт также будет обнаружен без выработки значения OK.

При обмене сообщениями отправитель посылает получателю сообщение, зашифрованное на выработанном ключе, при этом совместно с зашифрованным сообщением отправляет хэш-функцию на выработанном ключе,

1. $A \to B : f_k(S) \| H^A_k(S)$
2. $B : f_k^{-1}\left(f_k(S) \| H^A_k(S)\right)$ (6)
3. B: если $H^B_k(S) = H^A_k(S)$, то Ok.

При корректном завершении работы протокола и равенстве значений хеш-функций на шаге (6.3), сообщение S считаем успешно переданным.

Дерево Дамгарда – Меркла и контроль целостности общей памяти

Существует принципиальная возможность удаленного контроля целостности общей памяти отправителя и получателя, использующая технику деревьев Дамгарда – Меркла. Дерево Дамгарда – Меркла – бинарное дерево, листовыми вершинами которого являются хэш-значения от элементов общей

памяти, а внутренние вершины являются результатом попарной конкатенации пар смежных хэшей на соседнем нижнем этаже бинарного дерева (рис. 1). Структура деревьев Дамгарда – Меркла предложена в работе «A Digital Signature Based on a Conventional Encryption Function» Ральфом Мерклом, и сегодня находит свое применение в контроле целостности больших массивов цифровых данных, в частности в электронных валютах стандарта Bitcoin [3].

Преимущество структур Деревьев Дамгарда – Меркла следующие:

1. Деревья Дамгарда – Меркла позволяют обеспечивать целостность и достоверность данных.

2. Деревья Дамгарда – Меркла требуют небольшого объема памяти или дискового пространства, поскольку доказательства Дамгарда – Меркла являются логарифмическими по вычислительной сложности, а поэтому легкими и быстрыми.

3. Доказательства Дамгарда – Меркла требуют малого количества информации, которая должна передаваться по сетям связи.

4. Может использоваться любая из доверенных функций хэширования, которая сильно сопротивляется коллизиям.

Обозначим дерево Дамгарда – Меркла $RDM^X(D)$, $X = \{A, B\}$, построенное над общей памятью соответственно Отправителя для $X = A$ и Получателя для $X = B$. Представленные выше старты протоколов порождения ключа и передачи данных можно завязать на успешное сравнение мастер-хешей $RootHash(RDM^A(D)) = RootHash(RDM^B(D))$ в противном случае, проигрывается парный протокол доказательства Меркла, позволяющий выловить различия в общей памяти Отправителя и Получателя.

Процедура порождения симметричного ключа на основе предварительного – критически важна для работы всех предложенных протоколов, несмотря на ее безопасность в смысле утверждения 1. Активный противник имеет возможность постоянно вмешиваться в протокол, на стадиях передачи данных в режиме подмены сообщений, разрушая работу протокола и обнаруживая себя. Существует конструкция, позволяющая избежать частого применения этого протокола создания симметричного ключа, основанная на выделении динамической компоненты в области общей памяти. Этот подход кратко обсудим в следующем разделе.

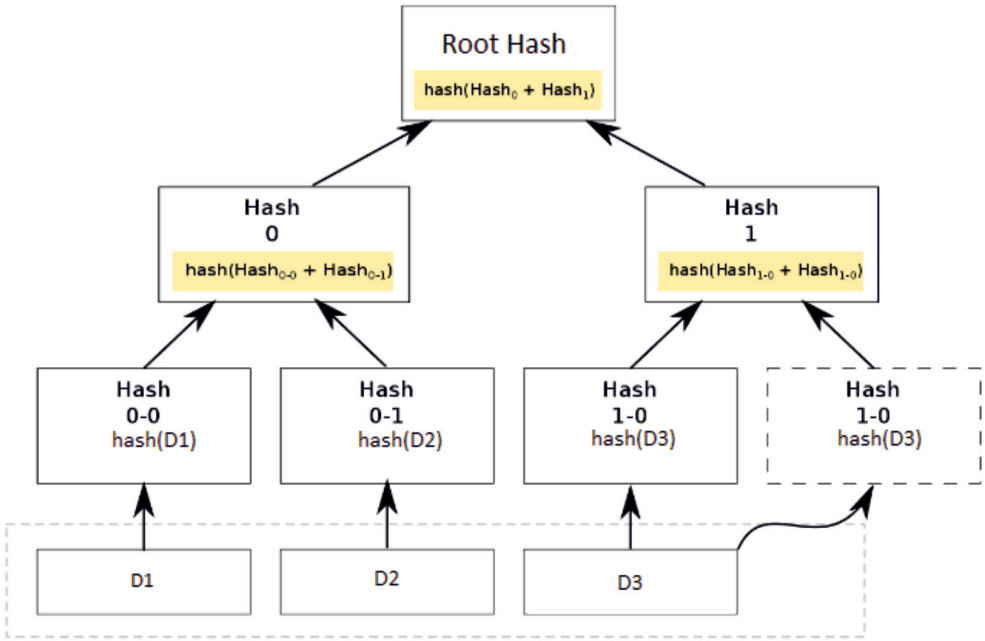


Рис. 1. Дерево Дамгарда – Меркла

Где $D_1 \ldots D_n$ – элементы общей памяти

Hash 0-0, 0-1 … N-N – листовые вершины дерева Дамгарда – Меркла

Hash 0, 1, N – вершины дерева Дамгарда – Меркла

RootHash – корневой хэш всего дерева Дамгарда – Меркла – мастер-хэ

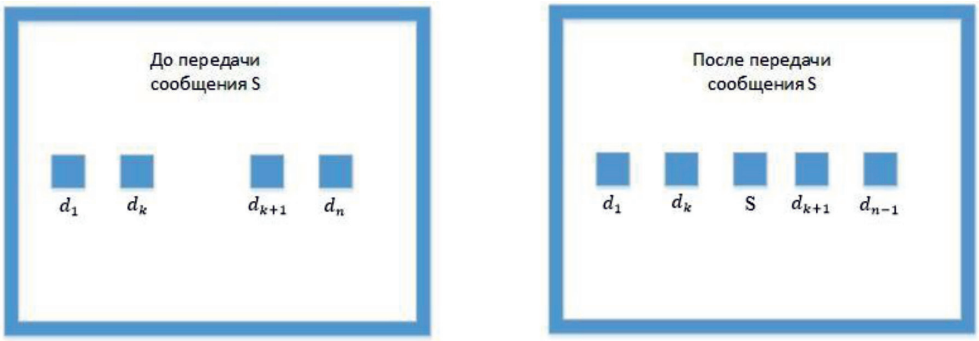


Рис. 2. Общая память с динамической компонентой

Динамическая общая память

Выделим в общей памяти статическую и динамические области $D = \{d_1 \ldots d_k, d_{k+1} \ldots d_n\}$, $\{d_1 \ldots d_k\}$ – статическая компонента общей памяти, и $\{d_{k+1} \ldots d_n\}$ – динамическая компонента общей памяти, представленная в виде очереди. Пусть S удачно переданное сообщение. Под удачно переданным сообщением подразумевается, что при передаче в протоколе (5) имеет место равенство значений на шаге (6.3), корректно завершающее работу протокола передачи. Перемещаем значение S в общую память на место значения d_{k+1} и перемещаем на одну позицию все значения общей памяти динамического сегмента $\{d_{k+1} \ldots d_n\}$. Более точно изменение значения общей памяти выглядит следующим образом (рис. 2):

$$D = \{d_1 \ldots d_k, d_{k+1} \ldots d_n\} \to D = \\ = \{d_1 \ldots d_k, S, d_{k+1} \ldots d_{n-1}\},$$

где d_i – элемент общей памяти,
S – передаваемое сообщение.

Такое динамическое перестроение общей памяти завершается автоматическим пересчетом значений общей памяти, пересчетом элементов деревьев Меркла $RDM^X(D)$, $X = \{A, B\}$ и соответствующим изменением значения сеансового ключа (2) без передачи по протоколам (4–5) и изменения предварительного ключа.

Из такой конструкции перестроения общей памяти следует, что с использованием динамической компоненты общей памяти, можно не создавать новый симметричный ключ по протоколу (4–5), а просто пересчитать значения $k_{AB} = k_{BA}$ в (2) по измененным значениям общей памяти, в том случае если элементы динамической области отмечены в предварительном ключе единицей.

Заключение

Выделенный подход использования общей памяти, конечно, выходит за границы протоколов открытого распределения ключей, так как заранее отправитель и получатель в канале связи договариваются об общей числовой базе. Однако отметим то, что значения общей памяти не обязаны служить идентификаторами пользователей, или их секретными и открытыми ключами, и имеют общий порядок. Кроме того, приведенные протоколы на завязаны на стандарты шифрования и хэширования. В частности, с использованием уникальности хэш-функции для Отправителя и Получателя $H_k^B(S) = H_k^A(S)$ с неизвестным значением ключа для противника С, созданной на стадии протоколов (4–5) легко преобразовать сам протокол Диффи – Хеллмана, сделав его устойчивым к MITM атаке противника С.

4. $A \to B : \alpha^x \bmod p \| H_k(\alpha^x \bmod p)$
5. $B \to A : \alpha^y \bmod p \| H_k(\alpha^y \bmod p)$
6. $A : k_{AB} = (\alpha^y)^x \bmod p$ (*DH**)
7. $A \to B : H_k(k_{AB})$
8. $B : k_{BA} = (\alpha^x)^y \bmod p$
9. *B*: если $H_{d_e}^A(k_{AB}) = H_{d_e}^B(k_{BA})$, то *Ok*, иначе СТОП.

Для этого к передаваемым значениям в DH-протоколе на шаге (*DH**.1-2) прикрепляем значение хэш-функции от передаваемых данных, где хэш-функция построена на ключе, сформированном по протоколу (5). Кроме того, на шаге (*DH**.4) передается значение хэш от построенного ключа на стороне А. На шаге (*DH**.6) сторона В либо подтверждает создание нового симметричного ключа в случае равенства значений хэшей, либо обнаруживает MITM-атаку противника С.

По терминологии документов международной организации Internet Engineering Task Force (IETF), существует современная классификация свойств, характеризующих безопасность криптографических протоколов, в которой выделены 20 пунктов, разделенные по 10 группам [1, с. 13–21].

Свойства безопасности, характеризующие основные протоколы

Протокол	Свойство G_i														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TLS	×	×	×				×			×	×		×		
TLS-v1.1	×	×	×				×			×	×		×		
TLS-SPR	×	×	×				×			×	×		×		
TLS-sharedkeys	×	×	×				×			×	×		×		

Атака типа «человек посередине» нарушает свойства протокола безопасности G1, G2, G4, G5, G7, G13. Далее приведена таблица, в которой отмечено, какими свойствами безопасности обладает ряд криптографических протоколов семейства TLS (таблица).

Протокол Диффи – Хеллмана встроен в семейство TLS-протоколов [4], поэтому в таблице обращаем внимание на тотальную уязвимость протоколов семейства: TLS, TLS-v1.1, TLS-SRP, TLS-sharedkeys по отношению к свойствам G1, G2, G7, G13 в силу уязвимости DH к атаке активного противника «человек посередине». Представленные протоколы (5), (*DH**) закрывают перечисленные уязвимости.

В заключение отметим, что протоколы (4), (5), (*DH**), предложенные в работе, удовлетворяют требованиям безопасных аутентифицированных протоколов обмена ключами.

Понятие безопасного аутентифицированного протокола обмена ключами было введено У. Даффи, П. ван Ооршоном и М. Вайнером в 1992 г. в работе «Authentication and Authenticated Key Exchanges». По определению, такой аутентифицированный протокол безопасен, если при каждом выполнении протокола двумя участниками гарантируется выполнение двух условий:

1) если сторона A принимает идентификатор стороны B, записи в сообщениях, передаваемых обеими сторонами, осуществляются правильно;

2) никто кроме сторон A и B не может определить передаваемый ключ.

Протоколы (4), (5), (*DH**), предложенные в работе, удовлетворяют этим свойствам, поскольку общая память для сторон A и B едина, то в вышеописанных свойствах 1–2 A и B можно поменять местами. Использование общей памяти в криптографических протоколах встречается не впервые и, в частности, использовано в работе [5].

С учетом использования общей памяти в канале секретной связи, протоколы (3), (4), (5), (*DH**) ограничены в использовании, имеют парный, долговременный и безопасный характер секретной передачи данных для абонентов A, B, по отношению к противнику C в канале связи, как пассивном, так и активном.

Благодаря использованию динамической общей памяти удается снять одну из традиционных проблем симметричной криптографии – процедуру создания и передачи симметричного ключа. С динамическим изменением и синхронизацией общей памяти D с привлечением конструкции дерева Дамгарда – Меркла симметричный ключ k_E по формуле (2) автоматически изменяется на устройствах A и B.

Работа выполнена при поддержке и финансировании Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 18-01-00596А.

Список литературы

1. Черемушкин А.В. Криптографические протоколы. Основные свойства и уязвимости: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 272 с.

2. Kurosawa K., Okada K., Sakano K., Ogata W., Tsujii S. Nonperfect secret sharing schemes and matroids, LNCS 765, Advances in Cryptology, Proceedings of Eurocrypt'93, Springer Verlag. 1993. P. 126–141.

3. Israa Alqassem, Davor Svetinovic. Towards Reference Architecture for Cryptocurrencies: Bitcoin Architectural Analysis (англ.). IEEE International Conference on Internet of Things (iThings), and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom): журнал. 2014. Сентябрь. ISBN 978-1-4799-5967-9.

4. Oppliger, Rolf. Introduction. SSL and TLS: Theory and Practice. 2nd. Artech House, 2016. P. 13. ISBN 978-1-60807-999-5.

5. Александров А.В., Сорокин И.И. Симметричная рюкзачная криптографическая система с общей памятью, основанная на рекуррентных базисах в задаче об укладке рюкзаков // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2019. Т. 62. № 4. С. 320–330.

УДК 004.046

АНСАМБЛЬ КЛАССИФИКАТОРОВ: РЕАЛИЗАЦИЯ, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ИНТЕГРАЦИЯ В ОБЛАЧНУЮ ПЛАТФОРМУ ХРАНЕНИЯ, СИСТЕМАТИЗАЦИИ И ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ

[1]Алексеев Д.М., [1]Минюк А.Н., [2]Понимаш З.А., [1]Шумилин А.С.

[1]ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, Таганрог, e-mail: minyuk@neurotech.ru;

[2]ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Институт радиотехнических систем и управления, Таганрог, e-mail: ponimash@neurotech.ru

В рамках работы цель исследований заключается в разработке и оценке эффективности общей схемы облачной платформы хранения, систематизации и обработки медицинских данных, а также в разработке ансамбля классификаторов для решения задачи выделения зон эпилептической активности. В рамках данной работы был разработан новый метод быстрого поиска и классификации эпилептических паттернов в электроэнцефалограмме на основе бесконечного анализа независимых компонент, который позволяет выделить характерные признаки судорожной активности. Для решения проблемы обработки данных создается ансамбль подпространств, с помощью сочетания метода опорных векторов, многослойного перцептрона и расширенного метода k-ближайших соседей. Для оценки эффективности предложенного подхода были обработаны контрольные записи ЭЭГ восьми пациентов с височной и экстратемпоральной эпилепсией. В рамках оценки использовалась распределенная вычислительная система, основанная на многоуровневой облачной архитектуре. Используя методику перекрестного исключения по одному, была проведена оценка точности, чувствительности, конкретности, а также ложноположительных и ложноотрицательных результатов: 0,97; 0,97; 0,95; 0,05 и 0,03 соответственно. В рамках разработанной облачной платформы хранения, систематизации и обработки медицинских данных достигнута эффективная работа классификатора, основанного на комбинации классификаторов различных типов. Точность (97%) и высокая скорость работы данного классификатора являются оптимальными для разработанной облачной платформы.

Ключевые слова: облачные вычисления, классификатор, распределенная информационная система, машинное обучение, машина опорных векторов, нейронные сети, обработка данных, систематизация данных

CLASSIFIERS ENSEMBLE: IMPLEMENTATION, ESTIMATION OF EFFICIENCY AND INTEGRATION IN A CLOUDED PLATFORM FOR STORAGE, SYSTEMATIZATION AND PROCESSING OF MEDICAL DATA

[1]Alekseev D.M., [1]Minyuk A.N., [2]Ponimash Z.A., [1]Shumilin A.S.

[1]Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Southern Federal University, Institute of Computer Technologies and Information Security, Taganrog, e-mail: minyuk@neurotech.ru;

[2]Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Southern Federal University, Institute of Radio Systems and Control, Taganrog, e-mail: ponimash@neurotech.ru

In this article the purpose of research is to develop and evaluate the effectiveness of the general scheme of the cloud platform for storing, systematizing and processing medical data, as well as to develop an ensemble of classifiers for solving the problem of identifying zones of epileptic activity. In the framework of this work, a new method was developed for the rapid search and classification of epileptic patterns in an electroencephalogram based on an endless analysis of independent components, which allows us to highlight the characteristic signs of convulsive activity. To solve the data processing problem, an ensemble of subspaces is created using a combination of the support vector method, a multilayer perceptron, and an extended method of k-nearest neighbors. To evaluate the effectiveness of the proposed approach, the EEG control records of eight patients with temporal and extra temporal epilepsy were processed. As part of the assessment, a distributed computing system based on a multi-level cloud architecture was used. Using the method of cross exclusion one at a time, the accuracy, sensitivity, specificity, as well as false positive and false negative results were evaluated: 0.97, 0.97, 0.95, 0.05, and 0.03, respectively. It was used the cloud platform for storing, systematizing and processing medical data, an efficient operation of the classifier based on a combination of classifiers of various types has been achieved. The accuracy (97%) and high speed of this classifier are optimal for the developed cloud platform.

Keywords: cloud computing, classifier, distributed information system, machine learning, support vector machine, neural networks, data processing, data systematization

В век всеобщей информатизации и активного развития информационных технологий медицинские учреждения в ходе выполнения диагностических исследований обрабатывают и систематизируют значительные объемы данных для последующей реабилитации и лечения пациентов в целом. Эффективность оказываемой медицинской помощи прямо пропорциональна оперативности и удобству использования данной информации специалистами медицинских организаций. Возможность оперирования

данными в электронном виде обеспечивает оперативность получения врачом необходимой информации о пациенте, что увеличивает скорость принятия решения о постановке диагноза и методах лечения [1].

Информационные технологии, модели обработки данных и методы работы со знаниями играют решающую роль как в автоматизации рутинных процессов оказания медицинских услуг, так и в развитии научно-технического прогресса в медицине. Так с использованием накопленной информации удалось обучить искусственный интеллект распознавать онкологические заболевания, создать системы прогнозирования и поддержки принятия клинических решений.

В настоящий момент далеко не вся информация, которая создается и накапливается в процессе оказания медицинских услуг, может быть обработана с целью получения новых знаний. Одной из таких областей слабоструктурированных данных является электроэнцефалография. Данные, созданные во время обследования, как правило, сохраняются только локально, на рабочих станциях специалистов, проводящих исследование, что ограничивает возможность накопления больших данных и их обработку с целью получения новых знаний.

В настоящий момент основной клинической задачей проведения обследования методом регистрации электроэнцефалограммы является диагностика хронического неврологического заболевания – эпилепсии. Регистрация ЭЭГ является основным (но не единственным) методом исследования эпилепсии, на который во многом опирается специалист, делая выводы и назначая терапию.

Обнаружение эпилептической активности в сигналах ЭЭГ представляет собой достаточно сложную задачу в связи с тем, что до настоящего времени неизвестен точный механизм возникновения эпилептических припадков. Для автоматического обнаружения эпилептической активности в основном используются линейные (частотно-временные, математические и статистические) методы, где не учитывается нелинейность анализируемого сигнала [2].

Таким образом, исследование существующих информационных структур создания и хранения данных ЭЭГ и разработка моделей информационных процессов и структур для агрегации и унификации больших данных со всех известных источников являются актуальными задачами.

Для того чтобы созданная информационная структура хранения больших данных позволила приобрести новые знания о предметной области, необходимо разработать модель инфраструктуры, позволяющей имплементировать различные алгоритмы искусственного интеллекта. В условиях возрастающего объема информации и развития новых методов машинного обучения разрабатываемая модель должна быть легко масштабируемой, гибкой, как с точки зрения увеличения вычислительного ресурса, так и с точки зрения аддитивности новых алгоритмов обучения и классификации данных. Такой подход позволит решать как научные задачи предметной области, так и прагматичные задачи интеллектуализации бизнес-процессов.

В настоящее время широкое распространение получили модели облачных вычислений, позволяющие достичь высокой вычислительной производительности и масштабируемости. Облачные сервисы доступны из любой точки сети Интернет и являются экономичным и универсальным инструментом для реализации различных конфигураций моделей сбора, накопления и обработки информации.

Цель исследования: разработка информационной структуры облачной системы хранения и алгоритма обработки накопленных данных с помощью ансамбля методов машинного обучения.

Для достижения указанной цели в рамках работы необходимо решить следующие задачи: провести анализ существующих моделей информационных процессов и структур в предметной области, изучены средства создания, накопления и обработки информации; разработать архитектуру облачной платформы распределенного хранения данных, позволяющую взаимодействовать с различными информационными системами и комплексами предметной области с целью формирования больших данных; разработать алгоритм обработки больших данных на основе ансамбля методов машины опорных векторов многослойного перцептрона и расширенного метода k-ближайших соседей; создать интегрируемую облачную платформу распределенного хранения электроэнцефалографических данных и систему выделения и классификации паттернов эпилептической активности с использованием разработанного метода машинного обучения.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования для решения задачи поиска зон ЭПИ-активности используется ансамбль классификаторов, состоящий из следующих элементов:

1. Классификатор, основанный на машине опорных векторов (SVM).

2. Классификатор, базирующийся на обучении многослойного персептрона (MLP).

3. Классификатор, построенный на базе метода ближайшего соседа.

Для решения задачи хранения, систематизации и обработки медицинских данных разработана облачная платформа, общая схема которой представлена на рис. 1.

Разработанная облачная система включает четыре основных уровня:

1. *Уровень хранения данных:* глобальное хранилище обезличенных данных, которое включает в себя базу данных для хранения сырых данных обследований и обезличенных отчетов, а также антропометрическая, диагностическая, демографическая информация о пациентах без персональных данных. Хранилище содержит полный объем информации для исследований и обучения машинных алгоритмов, но идентификация пациента возможна только по защищенному идентификатору.

2. *Уровень потребителей данных* – слой, включающий системы, которые принимают и обрабатывают данные из Глобального хранилища или передают в него новые данные. Этот уровень связан с уровнем хранения данных через стандартизированный программный интерфейс (Storage API). Потребителями данных могут быть: сторонние *медицинские информационные системы; исследовательские системы; информационная система обработки данных* содержит базу персональных данных пациентов, соответствует требованиям безопасности и защиты персональных данных и медицинских данных (Федеральный закон РФ от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных»; Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»; Health Insurance Portability and Accountability Act of 1996, HIPAA) [3]. Данный модуль обеспечивает взаимодействие с конечными клиентскими приложениями посредством распределенного интерфейса (REST API).

3. *Уровень прикладного ПО* – уровень, содержащий программные средства конечных клиентов, где формируются и/или отображаются медицинские данные (обследования в виде сигналов, отчетные и персональные данные пациента): *Windows клиенты* – программное обеспечение для ОС семейства Windows; *Веб-сервер* – предоставляет пользователю возможность доступа через web browser, в соответствии с назначенными этому пользователю ролями; *Мобильный клиент* – предоставляет доступ в информационную систему обработки данных, используя мобильные устройства (Android, iOS).

4. *Уровень аппаратных средств* – физические устройства для проведения обследований. В общем случае могут быть различных видов: электроэнцефалографы, кардиографы, системы биологической обратной связи, носимые фитнес-трекеры и т.д.

Результаты исследования и их обсуждение

Система автоматического поиска участков эпилептической активности представляет собой облачный сервис хранения и обработки электроэнцефалографических сигналов, а также программное обеспечение для рабочей станции невролога-специалиста.

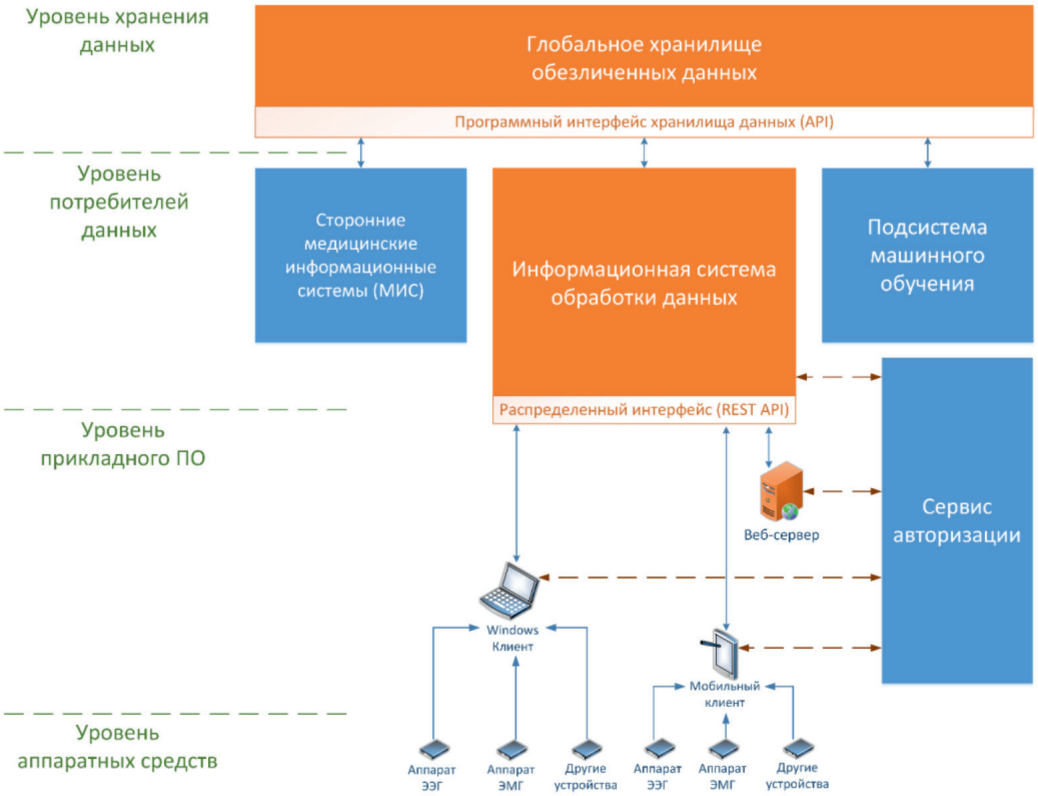


Рис. 1. Общая схема облачной платформы хранения, систематизации и обработки медицинских данных

Задачей системы является упрощение процесса анализа сигналов ЭЭГ специалистом с помощью алгоритма автоматизированного поиска эпилептической активности.

В результате работы алгоритма классификации создается файл разметки, который содержит в себе временные метки найденных участков в соответствующих каналах электроэнцефалограммы (рис. 2). С помощью пользовательского интерфейса врач верифицирует результаты автоматического анализа. В результате обработки данных врачом-экспертом формируется второй файл разметки. Результаты анализа вместе с сигналами загружаются на сервера облачного хранилища. Специализированная подсистема обучения производит сравнение разметки, полученной алгоритмом, и разметки, полученной в результате верификации специалистом, и выделяет ошибки первого и второго рода. Используя исходные сигналы, подсистема обучения переобучает алгоритм и формирует новую матрицу признаков, которая загружается в конфигурационный файл, позволяющий задавать настройки каскада признаков класса. Постоянное переобучение существующего классификатора позволит повышать качество автоматического анализа в ходе эксплуатации системы.

Рассмотрим предложенный ансамбль классификаторов, используемый для решения задачи автоматизированного поиска зон ЭПИ-активности. Схема предложенного подхода на базе облачных виртуальных кластеров представлена на рис. 3.

После предварительной фильтрации данных и удаления артефактов производится извлечение большого количества временных и частотных признаков сигнала. Так как пространство полученных признаков имеет большую размерность, процесс обучения и оптимизации классификаторов имеет высокую вычислительную сложность. Предлагается сократить пространство признаков без снижения их информативности.

Допустим, нам дано пространство признаков $y \in R^N$, методы выбора признаков находят отображение $x = f(y)$: $R^N \rightarrow R^M$ ($M < N$) таким образом, чтобы вектор $x \in R^M$ сохранил большую часть информации о y. Для выбора наиболее информативных признаков предлагается использовать расширенный вариант метода анализа независимых компонентов, который получил название бесконечного ICA (Infinite Independent Components Analysis) [4].

Ансамблевая классификация рассматривается как альтернатива отдельным классификаторам, чтобы избежать необходимости переобучения, вызванного высокой размерностью данных и малой обучающей выборкой. Эти методы позволяют принять совокупное взвешенное решение, а также улучшают общую эффективность обучения, комбинируя слабые классификаторы и объединяя их с помощью таких алгоритмов, как бэггинг [6]. Для повышения качества обучения системы и точности обнаружения, предлагается использовать комбинацию дополнительных методов классификации в виде ансамбля подпространств, который использует сочетание машины опорных векторов (SVM), многослойный перцептрон (MLP) и расширенный метод k-ближайших соседей (k-NN), который получил название метода расширенного ближайшего соседа (ENN) [5].

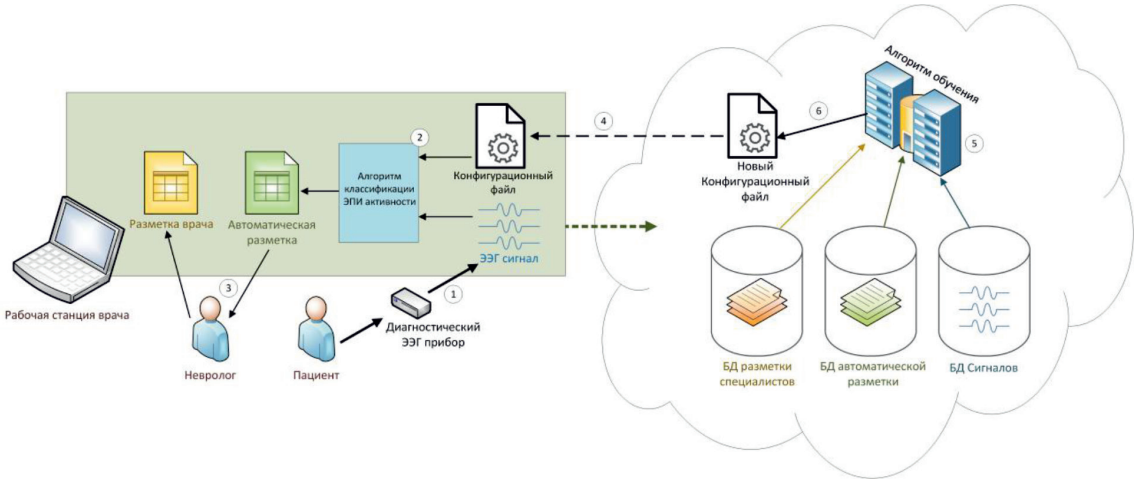


Рис. 2. Обучение алгоритма

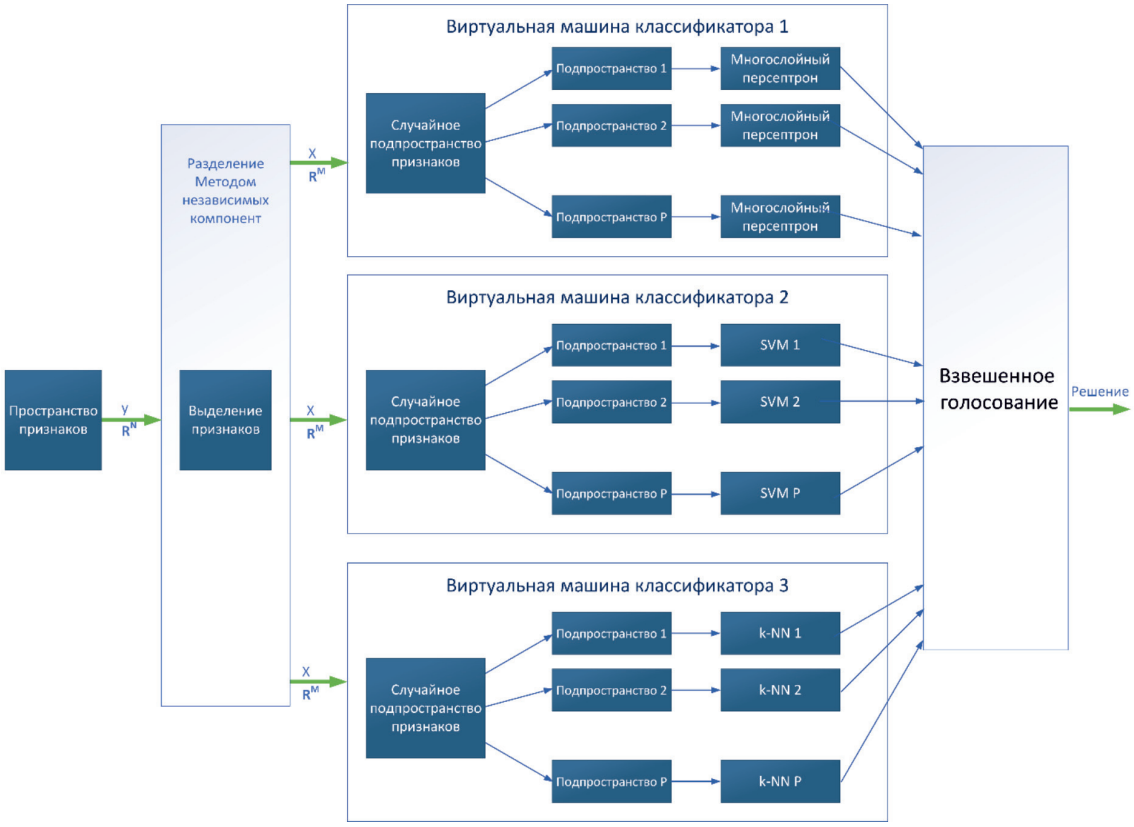


Рис. 3. Ансамбль классификаторов ЭПИ-активности

Для оценки эффективности предложенного подхода были обработаны контрольные записи ЭЭГ восьми пациентов с височной и экстратемпоральной эпилепсией. В рамках оценки использовалась распределенная вычислительная система, основанная на многоуровневой облачной архитектуре. Используя методику перекрестного исключения по одному, была проведена оценка точности, чувствительности, конкретности, а также ложноположительных и ложноотрицательных результатов: 0,97; 0,97; 0,95; 0,05 и 0,03 соответственно. Кроме того, в рамках проведения данного обследования удалось проанализировать возможности системы в рамках процедуры электроэнцефалографии.

Выводы

Разработанная платформа для распределенного облачного хранения и обработки данных, полученных в результате диагностических исследований, прошла процедуру апробации и предварительного тестирования. Можно отметить, что за счет гибкости архитектуры платформы и разделения данных по уровням, интеграция клиентских приложений и диагностических устройств различных производителей не занимает много времени. С другой же стороны, решение легко подключается к существующим МИС и позволяет создать единое информационное пространство. С точки зрения структурирования и накопления информации был получен уникальный результат, так как платформа позволяет накапливать большие данные и обрабатывать их средствами машинного обучения.

На базе облачной платформы было проведено исследование и сравнительный анализ ряда методов классификации и реализован собственный алгоритм, основанный на комбинации классификаторов различных типов. За счет технологии виртуализации и подходов к обработке больших данных удалось достичь высокой скорости работы алгоритма. Более того, архитектура классификатора позволяет дополнять его новыми алгоритмами без существенной потери скорости работы и повышения вычислительной сложности. Кроме того, удалось достичь точности распознавания ЭПИ-паттернов ансамблем классификаторов равной 0,97, что значительно превышает результаты работы других алгоритмов.

Дальнейшие исследования ориентированы на расширение обучающих выборок за счет верификации результатов классификации высококвалифицированными специалистами и повышения эффективности работы ансамбля классификаторов ЭПИ-активности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-07 00 50.

Список литературы

1. Митькина П.А. Особенности хранения медицинской информации // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 5 [Электронный ресурс]. URL: http://web.snauka.ru/issues/2017/05/82546 (дата обращения: 27.07.2019).

2. Артеменко С.В. Нейросетевые алгоритмы обработки электроэнцефалограмм для диагностики эпилепсии: автореф. дис. ... канд. техн. наук [Электронный ресурс]. URL: https://www.bsu.by/ru/sm.aspx?guid=814633 (дата обращения: 26.07.2019).

3. Health Insurance Portability and Accountability Act [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Health_Insurance_Portability_and_Accountability_Act (дата обращения: 28.07.2019).

4. Knowles D., Ghahramani Z. Infinite sparse factor analysis and infinite independent components analysis. Independent component analysis and signal separation. Springer Berlin Heidelberg. 2017. P. 381–388.

5. Tang B., He H., Enn. Extended nearest neighbor method for pattern recognition [research frontier]. IEEE Comput Intell Mag. 2015. P. 52–60.

6. Mohammad-Parsa H., Dario P., Kost E., Hamid S. Random ensemble learning for EEG classification. Artificial Intelligence in Medicine. 2018. № 84. P. 146–158.

УДК 62-347

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО ВЗАИМОНАГРУЖЕНИЯ РАЗНОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РУЛЕВЫХ ПРИВОДОВ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ

Алексеенков А.С., Ерофеев Е.В., Найденов А.В.

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Москва, e-mail: naydenov.alexey@gmail.com

В статье представлены результаты исследования совместной работы гибридного электрогидравлического рулевого привода, являющегося действующим образцом двухрежимных электрогидравлических рулевых приводов, как наиболее перспективных при реализации и развитии концепции «более электрического самолета», и электрогидравлического привода с дроссельным регулированием скорости, как наиболее распространенного среди существующих пилотируемых летательных аппаратов. Исследование проведено с применением метода математического моделирования и рассматривало как работу каждого привода в отдельности, так и модель их совместной работы. Показано, что при совместной работе указанных выше разнородных электрогидравлических рулевых приводов в режиме суммирования усилий на единой поверхности управления, на выходных звеньях приводов возникает силовое взаимонагружение, что негативно сказывается на ресурсе конструкции и качестве регулирования приводов в области малых сигналов управления. В статье приведены результаты математического моделирования разработанной авторами системы выравнивания усилий и показана возможность существенного снижения силового взаимонагружения в приводах при включении в контур управления указанной выше системы выравнивания усилий. Достоверность работы математических моделей каждого из приводов подтверждена экспериментальными исследованиями, проведенными при помощи стендовых испытаний гибридного электрогидравлического рулевого привода ПМ.00, а также электрогидравлического привода с дроссельным регулированием скорости РПД-15АМ.

Ключевые слова: гибридный электрогидравлический рулевой привод, двухрежимный электрогидравлический рулевой привод, комбинированное регулирование скорости, силовое взаимонагружение, система выравнивания усилий, электрогидравлический рулевой привод

RESEARCH OF THE FORCE FIGHTING AT THE JOINT WORK DISSIMILAR ELECTROHYDRAULIC ACTUATOR

Alekseenkov A.S., Erofeev E.V., Naydenov A.V.

Federal State Budgetary Educational Institution «Moscow Aviation Institute (National Research University)», Moscow, naydenov.alexey@gmail.com

The article presents the results of the study of joint work of hybrid electrohydraulic actuator which is an operating model of Electrical-Backup Hydraulic Actuator, as the most promising in the implementation and development of the concept of «more electric aircraft» and electrohydraulic actuator with throttle speed control, as the most common among existing manned aircraft. The research was carried out using the method of mathematical modeling and considered both the work of each actuator separately and the model of their joint work. It is shown that at joint work of the above mentioned heterogeneous electrohydraulic actuator in a mode of summation of efforts on a uniform control surface, on an output links of actuators there is a power mutual loading that negatively affects a resource of a design and quality of regulation of actuators in the small control signals. The article presents the results of developed by the authors force equalization system mathematical modeling and shows the possibility of significant reduction of force fighting in the actuators when including the above-mentioned force equalization system in the control loop. Each actuator mathematical models' reliability is confirmed by experimental researches carried out by means of bench tests of hybrid electro-hydraulic actuator PM.00 and electro-hydraulic actuator with throttle regulation of speed RPD-15AM.

Keywords: combine speed regulation, electrical-backup hydraulic actuator, electro-hydrostatic actuator, force equalization system, force fighting, hybrid electro-hydraulic actuator

Все чаще в современной технической литературе встречается термин «более электрический самолет» [1–3]. Под этим термином понимают самолет, в котором одна или несколько централизованных гидросистем заменяется силовыми электрическими системами. С точки зрения исполнительной части системы управления такая тенденция приводит к необходимости разработки и внедрения новых типов рулевых приводов, способных осуществлять собственное энергопитание от силовой электросистемы самолёта, обладая при этом высокими статическими, динамическими и энергетическими характеристиками, а также потребным уровнем надежности и отказобезопасности.

Среди существующих электрогидравлических рулевых приводов, применяемых или планируемых к применению на борту «более электрического самолета», можно выделить следующие основные типы:

1. Электрогидростатические рулевые приводы (ЭГСП или Electro-Hydrostatic Actuator – EHA).

2. Электрогидравлические рулевые приводы с комбинированным регулированием скорости (ЭГРП-КРС [4, 5]).

3. Двухрежимные электрогидравлические рулевые приводы (ДГРП или Electrical-Backup Hydraulic Actuator – EBHA [6, 7])

Как показывает обзор архитектур комплексных систем управления (КСУ) современных гражданских самолётов [8], ведущими мировыми производителями авиационной техники рассматриваются варианты установки на одну рулевую поверхность управления (в том числе на основные поверхности управления) нескольких разнородных электрогидравлических рулевых приводов [9–11]. Кроме того, на существующем пассажирском самолёте Airbus A-380 приводы основных рулевых поверхностей управления разнородны как по энергопитанию, так и по способу регулирования скорости выходного звена. Так, например, секции руля направления отклоняются двухрежимными рулевыми приводами, а на рулях высоты установлены ЭГРП и ЭГСП.

Указанная выше тенденция показывает, что при реализации современных архитектур КСУ пассажирских и транспортных ЛА уже рассматривается потенциальная возможность организации совместной работы разнородных электрогидравлических рулевых приводов на единую поверхность управления. Это означает, что вопрос исследования совместной работы разнородных приводов и определения способов снижения их силового взаимонагружения разнородных приводов является актуальным и востребованным.

Цель исследования: изучение потенциальной возможности организации совместной работы разнородных электрогидравлических рулевых приводов на единую поверхность управления. В качестве объектов исследования авторами работы выбраны следующие типы приводов: двухрежимный электрогидравлический рулевой привод, как наиболее перспективный, по мнению ряда авторов [12–14], тип электрогидравлических приводов с электрическим энергопитанием, и привод с дроссельным регулированием скорости (ЭГРП), как наиболее часто применяемый тип рулевых приводов на борту существующих пилотируемых ЛА. Указанные выше приводы разнородны по типу силового энергопитания. При этом в качестве действующего образца двухрежимного привода авторами выбран «гибридный привод ПМ.00», выполненный по оригинальной конструктивной схеме.

Материалы и методы исследования

Исследование совместной работы осуществлялось методом математического моделирования: в программе MatLab Simulink. Авторами была разработана математическая модель гибридного электрогидравлического рулевого привода, общая структура которой приведена на рис. 1, и математическая модель типового электрогидравлического привода с дроссельным регулированием скорости, структура которой приведена на рис. 2.

Для подтверждения результатов, полученных с помощью математического моделирования и окончательной верификации математической модели, авторами произведен ряд экспериментальных исследований гибридного электрогидравлического рулевого привода ПМ.00 на стенде ЦАГИ.

На рис. 3 продемонстрирована испытательная установка и привод, размещенный на стенде. По результатам проведённых экспериментов были получены характеристики привода, на основании которых производилась верификация математической модели, что позволило окончательно подтвердить достоверность результатов исследования методом математического моделирования.

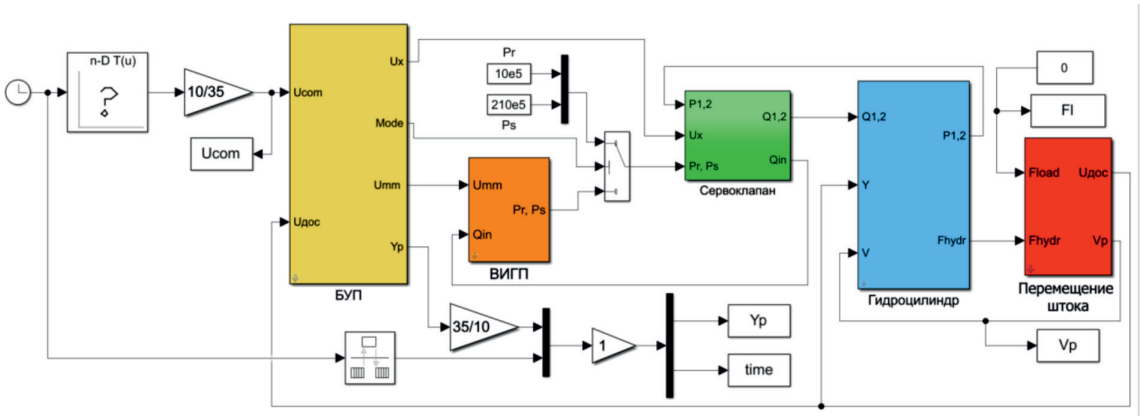


Рис.1. Структура математической модели гибридного электрогидравлического рулевого привода

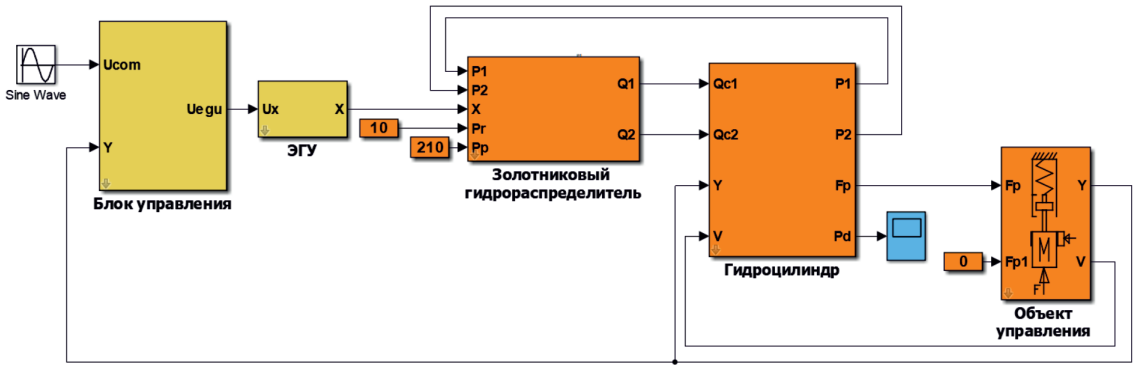


Рис. 2. Структура математической модели электрогидравлического рулевого привода с дроссельным регулированием скорости

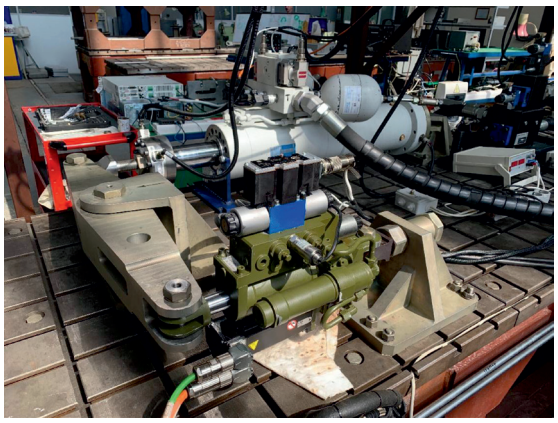


Рис. 3. Экспериментальная установка гибридного электрогидравлического рулевого привода

При исследовании совместной работы рулевых приводов методом математического моделирования предполагалось, что исследуемые приводы будут установлены на одной рулевой поверхности управления и имеют одинаковые или близкие (не более 10% разницы) номинальные скорости холостого хода и тормозные усилия на поршне, а также ход штока поршня. Кроме того, для достижения целей проводимого исследования авторами рассматривается худший случай работы рулевых приводов, при котором их выходные звенья жестко соединены между собой (шток в шток). При таком подключении взаимонагружение не снижается за счет конечной жесткости узлов крепления ЭГРП к рулевой поверхности и скручивания силовой балки, что позволит определить максимальную величину силового взаимонагружения и разработать наиболее эффективную систему выравнивания усилий (СВУ).

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе перемещения штоков ЭГРП невозможно обеспечить идентичность скоростей движения, из-за чего при отработке приводами гармонического или иного закона управления без введения в контур управления СВУ на выходных звеньях приводов происходит существенное их взаимонагружение, регистрируемое датчиками перепада давления в полостях каждого гидроцилиндра. Взаимонагружение может возникать и в статическом состоянии в случае, например, смещения нулевого положения датчиков обратной связи у каждого из приводов.

Для компенсации силового взаимонагружения приводов авторами была разработана система выравнивания усилий в каждом из приводов и проведено исследование эффективности работы при организации различных схем её включения в контуры управления приводами:

– «ведомый – ведущий», где ведомым является ЭГРП, а ведущим – ДГРП. Коррекция при этом реализуется только в ЭГРП;

– «ведомый – ведущий», где ведомым является ДГРП, а ведущим – ЭГРП. Коррекция при этом реализуется только в ДГРП;

– СВУ реализуется в двух приводах.

Пример реализации СВУ в контуре управления привода с дроссельным регулированием скорости приведен на рис. 4. Стоит также отметить, что в процессе исследования предполагалось, что объектом применения рассматриваемых приводов является рулевая поверхность неманевренного самолёта, а значит, от приводов не требовались высокие динамические возможности, и контрольными частотами для гармонического управляющего сигнала являлись частоты до 3…5 Гц.

По результатам проведенных исследований было показано, что разработанная система выравнивания усилий существенно снижает силовое взаимонагружение в приводах. В качестве примера на рис. 5 показана работа рассматриваемых приводов при отработке 50% управляющего сигнала с частотой 0,25 Гц, при этом ДГРП работает в режиме комбинированного регулирования скорости.

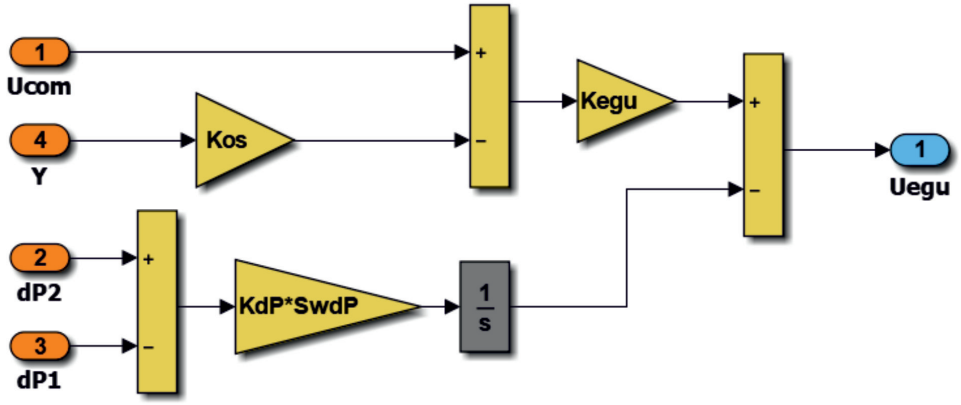


Рис. 4. Реализация системы выравнивания усилий на примере алгоритма управления ЭГРП. На рисунке введены следующие обозначения: Ucom – сигнал управления, Y – положение штока привода, dP2 – перепад давления в гидроцилиндре ЭГРП, dP1 – перепад давления в гидроцилиндре ДГРП, Kos – коэффициент обратной связи ЭГРП, Kegu – коэффициент усиления сигнала ошибки, KdP – коэффициент усиления сигнала рассогласования по давлению, SwdP – признак включения коррекции по давлению, Uegu – сигнал управления на ЭГУ привода

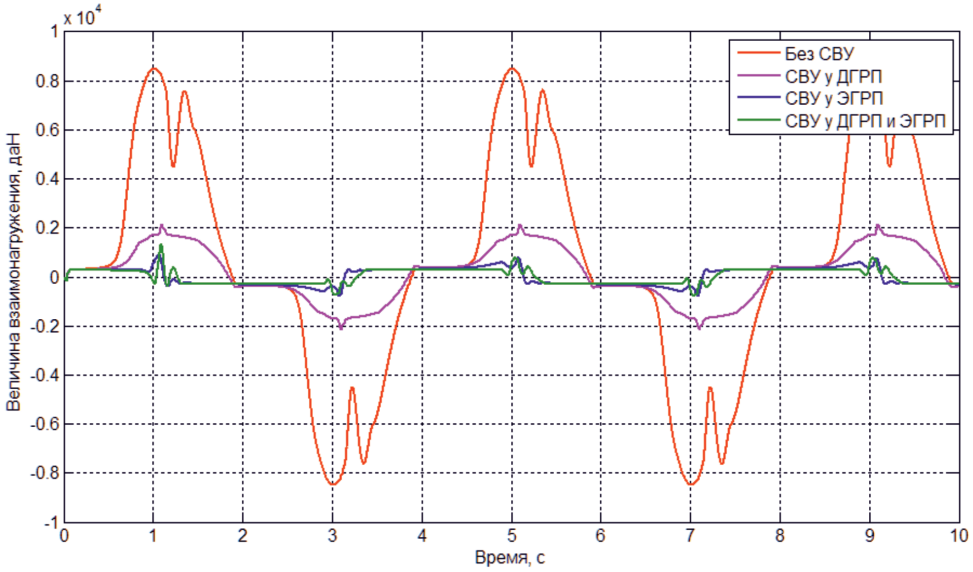


Рис. 5. Силовое взаимонагружение рассматриваемых приводов при выбранных схемах снижения силового взаимонагружения (коррекции характеристик) и отработке приводами гармонического закона управления

Стоит отметить, что отработка приводами ступенчатых входных сигналов авторами в статье не приводится ввиду ограничения на объем публикации. Тем не менее указанные выше случаи рассматривались.

Выводы

В результате проведенного исследования было установлено, что при работе разнородных электрогидравлических рулевых приводов на единую поверхность управления возникает их силовое взаимонагружение.

С целью снижения силового взаимонагружения и коррекции выходных характеристик приводов была разработана система выравнивания усилий, явившаяся частью алгоритма управления ЭГРП, и рассмотрены следующие случаи:

– реализация схемы «ведомый – ведущий», где ведомым является ЭГРП, а веду-

щим – ДГРП. Коррекция при этом реализуется только в ЭГРП;

– реализация схемы «ведомый – ведущий», где ведомым является ДГРП, а ведущим – ЭГРП. Коррекция при этом реализуется только в ДГРП;

– коррекция в двух приводах.

Полученные результаты показали:

– снижение силового взаимонагружения приводов возможно средствами управления без доработки конструкции приводов (предполагалось, что в конструкции уже присутствуют датчики давления в гидроцилиндре);

– при реализации схемы «ведомый – ведущий», где ведомым является ЭГРП, а ведущим – ДГРП, силовое взаимонагружение удалось снизить до 16% от максимальной развиваемой каждым из приводов силы;

– при реализации схемы «ведомый-ведущий», где ведомым является ДГРП, а ведущим – ЭГРП, силовое взаимонагружение удалось снизить до 21% от максимальной развиваемой каждым из приводов силы;

– при реализации коррекции сразу в двух приводах силовое взаимонагружение удалось снизить до 10% от максимальной развиваемой каждым из приводов силы.

Сказанное выше позволяет утверждать, что рациональнее делать систему выравнивания усилий в двух приводах или, если это технически невозможно, то строить структуру по принципу «ведомый – ведущий», где ведомым является ЭГРП (ввиду его лучшей динамики), а ведущим – ДГРП, или при реализации СВУ сразу в двух приводах. Это обусловлено в том чсиле тем фактом, что реальная максимальная скорость исследуемого ЭГРП выше скорости холостого хода исследуемого ДГРП. Кроме того, быстродействие ЭГРП значительно выше.

Можно также отметить, что в проведенном исследовании не рассматривались случаи работы приводов под нагрузкой, однако, как показывает опыт авторов, силовое взаимонагружение приводов снижается при росте внешней нагрузки, воздействующей на ЭГРП через объект управления.

Список литературы

1. Mare J.C. Aerospace Actuators 2: Signal–by–Wire and Power–by–Wire. New-York: Wiley. 2017. 282 p.

2. Sarlioglu B., Morris C.T. More electric aircraft: review, challenges, and opportunities for commercial transport aircraft. IEEE transactions on transportation electrification. 2015. № 1. P. 54–64.

3. Алексеенков А.С., Найденов А.В., Селиванов А.М. Развитие авиационных автономных электрогидравлических приводов // Вестник Московского авиационного института. 2012. № 1. С. 43–48.

4. Селиванов А.М. Автономный электрогидравлический рулевой привод с комбинированным регулированием скорости выходного звена // Вестник Московского авиационного института, 2010. № 3. С. 37–41.

5. Селиванов А.М. Принцип комбинированного регулирования скорости выходного звена гидравлического привода и его современная реализация // Вестник Московского авиационного института. 2011. № 3. С. 147–151.

6. Le tron X. A380 Flight Controls overview. Presentation at Hamburg University of Applied Sciences. 2007. P. 8–9.

7. Bossche D. The A380 Flight control electrohydrostatic actuators, achievements and lessons learnt. 25-th international congress of the aeronautical sciences. 2006. P. 1–8.

8. Алексеенков А.С., Ермаков С.А., Константинов С.В., Кузнецов В.Е., Оболенский Ю.Г., Редько П.Г. Системы электрогидравлических рулевых приводов комплексов управления полетом самолетов. СПб.: СПбГЭ, 2019. 25 с.

9. Wheeler P. Technology for the more and all electric aircraft of the future. IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA). 2016. P. 1–5.

10. Fu J., Mare J.C., Fu Y. Modelling and simulation of flight control electromechanical actuators with special focus on model architecting, multidisciplinary effects and power flows. Chinede journal of aeronautics. 2017. № 30 (1). P. 47–65.

11. Zhao J., Shen G., Zhu W., Yang C., Agrawal S.K. Force tracking control of an electro-hydraulic control loading system on a flight simulator using inverse model control and a damping compensator. Transactions of the Institute of Measurement and Control. 2018. № 40 (1). P. 135–147.

12. Алексеенков А.С. Улучшение динамических свойств и исследование рабочих процессов авиационного рулевого гидропривода с комбинированным регулированием скорости при увеличении внешней нагрузки: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 14 с.

13. Alekseenkov A.S., Ermakov S.A., Kiselev M.A., Konstantinov S.V., Obolensky Yu.G. Temperature measurements at critical points of dual-mode electrohydraulic actuator with combined rate control. Periodico Tche Quimica. 2018. № 15 (1). P. 396–404.

14. Ismail M., Balaban E., Spangenberg H. Fault detection and classification for flight control electromechanical actuators. IEEE Aerospace Conference. 2016. P. 1–10.

УДК 004.94:547.583.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В МОЛЕКУЛЯРНОМ ДИЗАЙНЕ СОЕДИНЕНИЙ С ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ, АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ И ПРОТИВОМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПРОИЗВОДНЫХ АНТРАНИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Андрюков К.В., Коркодинова Л.М.

ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, e-mail: k_andrukov@mail.ru

Статья посвящена математическому моделированию с использованием регрессионных моделей, в молекулярном дизайне соединений с противовоспалительной, анальгетической и противомикробной активностью производных антраниловой кислоты. Для математического моделирования при проведении молекулярного дизайна соединений с противовоспалительной, анальгетической и противомикробной активностями предложен подход, основанный на использовании составленных ранее регрессионных моделей. С целью увеличения производительности проводимого моделирования при его практической реализации, составлен прогнозный комплекс на основе таблиц, с использованием средств Microsoft Excel 2007, состоящий из четырех модулей: модуль 1 «Физико-химические свойства (константы липофильности (logP), константы ионизации (константы кислотности (pKa) и основности (pKb))»; модуль 2 «противовоспалительная активность (ПВА)»; модуль 3 «анальгетическая активность (АА)»; модуль 4 «противомикробная активность (ПМА)». Прогнозный комплекс использован для проведения высокопроизводительного скрининга 203 соединений производных 5-бром(5-йод), 3,5-дихлор(3,5-дибром) антраниловой кислоты на ПВА, АА и ПМА. Результаты моделирования методом молекулярного дизайна, с использованием прогнозного комплекса, показаны на выборке, состоящей из десяти соединений, обладающих по результатам проведенного скрининга выраженными ПВА и АА. Экспериментальное исследование биологической активности подтвердило теоретический результат, получен патент на соединение 1, обладающее выраженной ПВА. Проведенные исследования показали возможность молекулярного дизайна путем изменения структуры, с использованием полученной математической модели, для получения соединений с заданными свойствами и уровнем биологической активности.

Ключевые слова: моделирование, дизайн, регрессия, квантово-химический, докинг, скрининг

MATHEMATICAL MODELING USING REGRESSION MODELS IN THE MOLECULAR DESIGN OF COMPOUNDS WITH ANTI-INFLAMMATORY, ANALGESIC AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ANTHRANILIC ACID DERIVATIVES

Andryukov K.V., Korkodinova L.M.

Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, e-mail: k_andrukov@mail.ru

This article is devoted to mathematical modeling using regression models in the molecular design of compounds with anti-inflammatory, analgesic and antimicrobial activity of anthranilic acid derivatives. For mathematical modeling during the molecular design of compounds with anti-inflammatory, analgesic and antimicrobial activities, an approach based on the use of previously developed regression models is proposed. In order to increase the productivity of the modeling performed in its practical implementation, a forecasting complex based on tables using Microsoft Excel 2007 tools has been compiled, consisting of 4 modules: module 1 «Physico-chemical properties (lipophilicity constants (logP), ionization constants (acidity (pKa) and basicity (pKb) constants)»; module 2 «anti-inflammatory activity (AIA)»; module 3 «analgesic activity (AA)»; module 4 «antimicrobial activity (AMA)». The predictive complex was used for high-throughput screening of 203 compounds of derivatives of 5-bromo (5-iodo), 3,5-dichloro (3,5-dibromo) anthranilic acid for AIA, AA and AMA. The results of modeling by the molecular design method, using the predictive complex, are shown in a sample consisting of ten compounds possessing pronounced PVA and AA according to the results of the screening. An experimental study of biological activity confirmed the theoretical result; a patent was obtained for compound 1 with pronounced AIA. Studies have shown the possibility of molecular design by changing structures using the obtained mathematical model to obtain compounds with desired properties and level of biological activity.

Keywords: modeling, design, regression, quantum-chemical, docking, screening

Молекулярный дизайн – это конструирование новых химических соединений с заданными свойствами, с использованием компьютерных методов моделирования. При проведении моделирования используют различные методы и подходы, одним из которых является использование множественного линейного регрессионного анализа. Математическое моделирование с использованием регрессионных моделей представляет собой построение зависимостей прогнозируемого параметра от структуры.

Молекулярный дизайн биологически активных соединений с использованием математических моделей позволяет произ-

вести скрининг (поиск) на определенный вид биологической активности, например противовоспалительную, анальгетическую и противомикробную. Современные методы проведения скрининга основаны на использовании моделей поиска и разработанных на их основе компьютерных программ. Проведением скрининга изучают спектр биологической активности анализируемого ряда соединений и проводят отбор потенциально активных, до проведения их синтеза и биологических испытаний.

Производные антраниловой кислоты или 2-аминобензойной кислоты проявляют различные виды биологической активности, например противовоспалительную [1, 2], анальгетическую [3] и противомикробную [4–6].

Цель исследования: математическое моделирование с использованием регрессионных моделей в молекулярном дизайне соединений с противовоспалительной (ПВА), анальгетической (АА) и противомикробной активностью (ПМА) в ряду производных антраниловой кислоты.

Материалы и методы исследования

Оптимизацию структуры и расчёт квантово-химических дескрипторов исследуемых производных антраниловой кислоты, проводили с использованием программы Gaussian 03 полуэмпирическим методом PM3, с полной оптимизации геометрии молекул. Моделирование лиганд-рецепторных взаимодействий осуществляли программой AutoDock 4.0 в составе программного комплекса MGL Tools 1.5.6, с использованием Ламарковского генетического алгоритма, который позволяет воспроизводить строение комплексов более точно. Для составления прогнозного комплекса на основе регрессионных моделей использовали Microsoft Excel 2007.

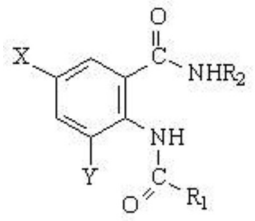
Результаты исследования и их обсуждение

Для математического моделирования при проведении молекулярного дизайна соединений с противовоспалительной, анальгетической и противомикробной активностями, предложен подход, основанный на использовании ранее составленных регрессионных моделей. С целью увеличения производительности проводимого моделирования при его практической реализации, составлен прогнозный комплекс на основе таблиц с использованием средств Microsoft Excel 2007.

В результате получили прогнозный комплекс, состоящий из четырех модулей: модуль 1 «Физико-химические свойства (константы липофильности (logP), константы ионизации (константы кислотности (pKa) и основности (pKb))»; модуль 2 «противовоспалительная активность (ПВА)»; модуль 3 «анальгетическая активность (АА)»; модуль 4 «противомикробная активность (ПМА)».

Каждый из полученных модулей разделен на модели для соответствующих рядов производных антраниловой кислоты. Валидация использованных уравнений множественной регрессии для составления моделей, приведена по следующим критериям: коэффициент корреляции (R), критерий Фишера (F), критерий оценки методом перекрестного контроля исключением по одному (Q^2_{LOO}) и среднеквадратичная ошибка (S).

Полученный прогнозный комплекс использован для проведения высокопроизводительного скрининга 203 соединений производных 5-бром(5-йод), 3,5-дихлор(3,5-дибром) антраниловой кислоты на ПВА, АА и ПМА. Результаты моделирования методом молекулярного дизайна, с использованием прогнозного комплекса, показаны на выборке, состоящей из десяти соединений, обладающих по результатам проведенного скрининга, выраженными ПВА и АА.



X = Br, Y = H, $R_1 = C_6H_5$, $R_2 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$ (1); X = I, Y = H, $R_1 = C_6H_5$, $R_2 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$ (2); X = Br, Y = Br, $R_1 = C_6H_5$, $R_2 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$ (3); X = Cl, Y = Cl, $R_1 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$, $R_2 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$ (4); X = Cl, Y = Cl, $R_1 = C_6H_5$, $R_2 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$ (5); X = Br, Y = H, R_1 = 2-фурил, $R_2 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$ (6); X = Cl, Y = Cl, $R_1 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$, $R_2 = CH_2CH_2CH_2CH_3$ (7); X = Cl, Y = Cl, $R_1 = C_6H_5$, $R_2 = CH_2C_6H_5$ (8); X = Br, Y = Br, $R_1 = C_6H_5$, $R_2 = CH_2C_6H_5$ (9); X = Cl, Y = Cl, $R_1 = C_6H_4(4\text{-}CH_3)$, $R_2 = CH_2C_6H_5$ (10).

Модуль 1 «Физико-химические свойства (константы липофильности (logP), константы ионизации (константы кислотности (pKa) и основности (pKb))».

Для прогнозирования физико-химических свойств провели расчёт квантово-химических дескрипторов: суммарные значения напряженности электрического поля Σ(E), потенциала Σ(φ) и абсолютной величины заряда Σ(|q|) на атомах кислорода, азота, углерода и водорода Σ(H). Квантово-химические параметры рассчитаны полуэмпирическим методом PM3 с полной оптимизацией геометрии молекул с использованием программы Gaussian 03.

Расчёт констант липофильности (logP) в модуле 1 представлен по двум моделям:

Модель 1. Производные N-арилзамещенных антраниловых кислот [7]. Модель описывает зависимость logP от дескрипторов ΣO(φ), ΣO(|q|), ΣH(φ) (R = 0,709, F = 4,06, N = 16).

Модель 2. Производные N-алкилзамещенных антраниловых кислот. Модель описывает зависимость logP от дескрипторов ΣO(E), ΣN(E), ΣC(φ), ΣO(φ) (R = 0,896, F = 17,31, N = 22).

Для исследуемого ряда химических соединений содержащего при атоме азота NH-ацильной группы заместители ароматической природы: фенил, 4-метилфенил, 2-фурил – использовали модель 1. Результаты прогноза logP приведены в таблице.

Модель расчёта констант ионизации (констант кислотности (pKa) и основности (pKb)) сплошная, не разделяет производные антраниловой кислоты по представителям в ряды: модель описывает зависимость pKa от дескрипторов ΣC(E), ΣN(E), ΣC(φ) (R = 0,817, F = 13,38, Q^2_{LOO} = 0,52, N = 24) и pKb от ΣC(E), ΣN(E), ΣC(φ), ΣN(φ) (R = 0,844; F = 11,78, Q^2_{LOO} = 0,55, N = 24) [8]. Результаты расчёта pKa и pKb представлены в таблице.

Модуль 2 «противовоспалительная активность (ПВА)». Основан на использовании скоринговых функций, полученных в результате молекулярного докинга производных антраниловой кислоты с ферментами циклооксигеназа (ЦОГ) 1 и 2, в качестве мишеней использовали кристаллографические копии ферментов, полученные рентгеноструктурным анализом и представленные в виде pdb-файлов, взятых из базы данных Brookhaven Protein Data Bank: ЦОГ 1 (PDB ID code: 3N8X [9]) и ЦОГ 2: (PDB ID code: 1PXX [10]). При проведении скрининга были использованы скоринговые функции: энергия связывания Be ($Be_{ЦОГ1}$ и $Be_{ЦОГ2}$), межмолекулярная энергия Ime ($Ime_{ЦОГ1}$ и $Ime_{ЦОГ2}$), константа ингибирования Ki ($Ki_{ЦОГ1}$ и $Ki_{ЦОГ2}$), и рассчитанные значения физико-химических свойств (logP, pKa, pKb).

Модуль 2 предназначен для количественного прогнозирования величины ПВА в процентах (%, процент торможения каррагенинового отёка) четырёх рядов производных антраниловой кислоты с использованием четырех моделей:

Модель 1. N-Замещенные антраниловые кислоты (R = 0,843, F = 23,49, S = 6,97, Q^2_{LOO} = 0,61, N = 22);

Модель 2. Замещенные амиды и гидразиды N-ароилантраниловых кислот (R = 0,902, F = 26,32, S = 8,14, Q^2_{LOO} = 0,73, N = 22) [11];

Модель 3. Гидразиды и амиды N-ацилантраниловых кислот (R = 0,859, F = 29,61, S = 9,84, Q^2_{LOO} = 0,61, N = 24);

Модель 4. Ариламиды N-ацил-N-алкенилантраниловых кислот (R = 0,920, F = 18,01, S = 8,14, Q^2_{LOO} = 0,74, N = 18).

Исследуемые производные в своей структуре при атоме азота NH-ацильной группы содержат заместители ароматической природы (фенил, 4-метилфенил, 2-фурил) и относятся к замещенным амидам и гидразидам N-ароилантраниловых кислот. Поэтому для проведения скрининга использовали модель 2, результаты расчёта ПВА приведены в таблице.

Модуль 3 «анальгетическая активность (АА)». Модуль основан на использовании скоринговых функций, полученных в результате молекулярного докинга по ферментам ЦОГ 1 и 2: энергия связывания Be ($Be_{ЦОГ1}$ и $Be_{ЦОГ2}$), межмолекулярная энергия Ime ($Ime_{ЦОГ1}$ и $Ime_{ЦОГ2}$), константа ингибирования Ki ($Ki_{ЦОГ1}$ и $Ki_{ЦОГ2}$), и прогнозируемых значений logP, pKa и pKb.

Модуль 3 предназначен для количественного прогнозирования величины АА (сек), двух рядов производных антраниловой кислоты, в виде моделей 1 и 2:

Модель 1. N-замещенные антраниловые кислоты (R = 0,899, F = 8,46, S = 2,27, Q^2_{LOO} = 0,51, N = 10);

Модель 2. Амиды и гидразиды N-замещенные 3,5-дибром(H)антраниловой кислоты (R = 0,800, F = 11,85, S = 4,68, Q^2_{LOO} = 0,53, N = 24).

При прогнозировании АА исследуемых 10 соединений использовали модель 2, предназначенную для прогнозирования АА амидов N-замещенных. Результаты прогноза АА приведены в таблице.

Модуль 4 «противомикробная активность (ПМА)». Модуль основан на использовании результатов молекулярного докинга по ферменту пептид деформилаза (гидролаза) *E. coli* и *S. aureu*s. При проведении докинга в качестве мишеней использовали кристаллографические копии ферментов, полученные рентгеноструктурным анализом и представленные в виде pdb-файлов, взятых из базы данных Brookhaven Protein Data Bank: гидролаза *E. coli* (PDB ID code: 1LRU [12]) и гидролаза *S. aureus* (PDB ID code: 1Q1Y [13]). При проведении скрининга были использованы скоринговые функции: энергия связывания Be ($Be_{E.\ coli}$ и $Be_{S.\ aureus}$), межмолекулярная энергия Ime ($Ime_{E.\ coli}$ и $Ime_{S.\ aureus}$), константа ингибирования Ki ($Ki_{E.\ coli}$ и $Ki_{S.\ aureus}$), и прогнозируемые значения физико-химических свойств (logP, pKa и pKb).

Результаты скрининга 10 соединений на ПВА, АА, $ПМА_{(E.\ coli)}$ и $ПМА_{(S.\ aureus)}$ и физико-химические свойства (logP, pKa, pKb)

№	logP	pKa	pKb	ПВА,%	АА, сек	$ПМА_{(E.\ coli)}$ (мкг/мл)	$ПМА_{(S.\ aureus)}$ (мкг/мл)
1	2,74	7,05	13,18	38,85	20	1783	1481
2	2,74	7,05	13,18	51,04	19	1186	1630
3	2,72	6,93	13,10	44,08	13	635	2241
4	2,64	7,47	13,05	45,16	19	380	616
5	2,72	6,93	13,10	42,33	26	559	833
6	2,99	7,02	13,42	50,45	16	1189	1779
7	2,68	8,79	12,30	56,30	20	920	283
8	2,75	7,14	12,96	48,90	20	862	1474
9	2,75	7,14	12,96	45,00	15	663	1525
10	2,67	7,69	12,91	43,00	17	1168	1058

Полученный модуль 4 предназначен для количественного прогнозирования величины ПМА по *E. coli* ($ПМА_{(E.\ coli)}$) и *S. aureus* ($ПМА_{(S.\ aureus)}$) (мкг/мл), трёх рядов производных антраниловой кислоты в виде трёх моделей:

Модель 1. N-Ацилзамещенные антраниловые кислоты: скрининг на $ПМА_{(E.\ coli)}$ ($R = 0{,}915$, $F = 19{,}43$, $S = 0{,}30$, $Q^2_{LOO} = 0{,}72$, $N = 20$) и $ПМА_{(S.\ aureus)}$ ($R = 0{,}944$, $F = 31{,}03$, $S = 0{,}25$, $Q^2_{LOO} = 0{,}81$, $N = 20$).

Модель 2. Замещенные амиды и гидразиды N-ароилантраниловых кислот: скрининг на $ПМА_{(E.\ coli)}$ ($R = 0{,}944$, $F = 31{,}20$, $S = 0{,}15$, $Q^2_{LOO} = 0{,}71$, $N = 20$) и $ПМА_{(S.\ aureus)}$ ($R = 0{,}907$, $F = 17{,}46$, $S = 0{,}21$, $Q^2_{LOO} = 0{,}68$, $N = 20$).

Модель 3. Гидразиды и амиды N-ацилантраниловых кислот: скрининг на $ПМА_{(E.\ coli)}$ ($R = 0{,}901$, $F = 16{,}25$, $S = 0{,}43$, $Q^2_{LOO} = 0{,}68$, $N = 20$) и $ПМА_{(S.\ aureus)}$ ($R = 0{,}883$, $F = 18{,}94$, $S = 0{,}42$, $Q^2_{LOO} = 0{,}69$, $N = 20$).

При проведении скрининга ПМА исследуемых 10 соединений использовали модель 2, предназначенную для прогнозирования ПМА амидов N-ароилзамещенных антраниловой кислоты. Результаты прогноза ПМА приведены в таблице.

Таким образом, проведено моделирование исследуемого ряда на три вида биологической активности (ПВА, АА и ПМА) и выполнен расчёт физико-химических свойств, результат представлен в таблице.

Рассчитаны физико-химические свойства (константы липофильности и ионизации). Максимальное значение липофильности рассчитано для соединения 6 ($logP = 2{,}99$), минимальное – у соединения 4 (2,64). Наибольшее значение константы кислотности спрогнозировано для соединений 3 и 5 ($pKa = 6{,}93$). Прогнозируемые значения констант основности лежат в интервале 12,30–13,42.

В результате проведенного скрининга обнаружено, что все проанализированные соединения будут обладать выраженной ПВА (свыше 30%), по АА (свыше 19 с), только соединения под номерами 1, 2, 4, 5, 7 и 8. По ПМА прогнозный уровень слабый (от 250 до 1000 мкг/мл) или неактивный (свыше 1000 мкг/мл), перспективных, с ПМА менее 2 мкг/мл не обнаружено. По результатам экспериментального исследования на прогнозируемые активности, получен патент на структуру 1, как соединение обладающее выраженной ПВА [14].

Заключение

Проведенные исследования показали возможность молекулярного дизайна путем изменения структуры, с использованием полученной математической модели, с целью получения соединений с заданными свойствами и уровнем биологической активности.

Таким образом, можно сделать вывод, что составленный прогнозный комплекс, полученный в результате математического моделирования, на основе регрессионных уравнений и Microsoft Excel 2007, может быть использован в молекулярном дизайне соединений с противовоспалительной, анальгетической и противомикробной активностью производных антраниловой кислоты.

Список литературы

1. Amal Abdel Haleem Mohamed Eissa, Gamal El-Hakeem Soliman. Design, Synthesis and Anti-inflammatory Activity of Structurally Simple Anthranilic Acid Congeners Devoid of Ulcerogenic Side Effects. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 2012. vol. 60. no. 10. P. 1290–1300.

2. Maher Abd El-Aziz El-Hashash, Mohammad E.A., Rasha Abd El-Aziz Faty. Synthesis, Antimicrobial and Anti-inflammatory Activity of Some New Benzoxazinone and Quinazolinone Candidates. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 2016. vol. 64. no. 3. P. 263–271.

3. Khaled A.M., Nadia A.K., Eman M.A., Sawsan Abo-Bakr Z. Synthesis and Biological Evaluation of New Heteroaryl

Carboxylic Acid Derivatives as Anti-inflammatory-Analgesic Agents. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 2013. vol. 61. no. 2. P. 222–228.

4. Khaldoon AL-Rahawi, Ali AL-Kaf, Shada Y., Sameh EL-Nabtity. Synthesis and biological activities of 2-carboxyphenyloxamoylamino acids, their salts with 2-ethoxy-6,9-Diaminoacridine and D-glucosamine. Adv. Pharmacoepidem. Drug Safety. 2013. vol. 2. no. 2. P. 2–6.

5. Meenu Beniwal, Viney Lather, Vikramjeet Judge, Neelam Jain, Amit Beniwal. Anti-inflammatory, antimicrobial activity and qsar studies of anthranilic acid derivatives. World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences. 2015. vol. 4. no. 09. P. 1443–1451.

6. Rama Rao Nadendla, Mukkanti K., Sudhakar G. Rao. Microwave Synthesis of some new Quinazolinone Formazans for their Antimicrobial and Antihelminthic Activities. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy. 2010. vol. 4. no. 1. P. 545–550.

7. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Прогнозирование коэффициента распределения октанол – вода производных N-арилзамещенных антраниловых кислот // Химико-фармацевтический журнал. 2013. Т. 47. № 12. С. 38–41.

8. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Квантово-химические параметры в исследовании зависимости структура – ионизация N-замещенных моно(ди)галоген(Н) антраниловых кислот, их амидов и гидразидов // Химико-фармацевтический журнал. 2016. Т. 50. № 3. С. 23–27.

9. Sidhu R.S., Lee, J.Y., Yuan C.. Comparison of Cyclooxygenase-1 Crystal Structures: Cross-Talk between Monomers Comprising Cyclooxygenase-1 Homodimers. Journal Biochemistry. 2010. no. 49. P. 7069–7079.

10. Rowlinson S.W., Kiefer J.R. A Novel Mechanism of Cyclooxygenase-2 Inhibition Involving Interactions with Ser-530 and Tyr-385. Journal Biol. Chem. 2003. no. 278. P. 45763–45769.

11. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М. Молекулярный докинг в изучении взаимодействия амидов и гидразидов N-ароилзамещенных галоген(Н)антраниловых кислот с циклооксигеназой 1, проявляющих противовоспалительную активность // Химико-фармацевтический журнал. 2018. Т. 52. № 5. С. 29–32.

12. Guilloteau J.P., Mathieu M., Giglione C. The crystal structures of four peptide deformylases bound to the antibiotic actinonin reveal two distinct types: a platform for the structure-based design of antibacterial agents. J. Mol. Biol. 2002. no. 320. P. 951–962.

13. Yoon H.J., Kim H.L., Lee S.K., Kim H.W. Crystal structure of peptide deformylase from Staphylococcus aureus in complex with actinonin, a naturally occurring antibacterial agent. Proteins. 2004. no. 57. P. 639–642.

14. Андрюков К.В., Коркодинова Л.М., Гольдштейн А.Г. 4-Метилфениламид N-бензоил-5-бромантраниловой кислоты, проявляющий противовоспалительную активность // Патент РФ 79892. Патентообладатель ФГБОУ ВО «ПГФА». 2019. Бюл. № 5.

УДК 65.014.1:623

СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ ПРОДУКЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ИНОЗАКАЗЧИКА

[1]Антонов А.В., [2]Сидорин В.В.

[1]АО «Концерн военно-космической обороны «Алмаз-Антей», Москва, e-mail: 603083@gmail.com;
[2]АНО «Институт испытаний и сертификации вооружения и военной техники», Москва, e-mail: sidorin@inis.ru

В статье представлены модель, организационные принципы, структура, состав и функции комплекса нормативно-методического обеспечения деятельности системы менеджмента качества (СМК) сервисного центра по обслуживанию и ремонту продукции военного назначения (ПВН) на территории иностранных заказчиков, её применяющих и эксплуатирующих. Назначение СМК – обеспечение эффективности всех видов процессов по сохранению качества ПВН, включающей её обслуживание, ремонт, продление ресурса и ряд других работ на территории инозаказчика реализуется участием всех заинтересованных сторон, скоординированным комплексом документов по стандартизации. Благодаря построению на основе современных, цифровых, технологий управления, представленная модель СМК сервисного центра дает возможность реализации единого системного подхода к обслуживанию и ремонту продукции военного назначения (ПВН) на территории инозаказчика не только для применения отдельными организациями, но и для всего оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Достижение цели исследования и разработки модели СМК сервисного центра потребовало решения ряда задач, в числе которых разработка методологии цикличного подхода в СМК, принципов деятельности «цифровой» СМК сервисного центра, функций её процессов и элементов. Результаты их решения представлены в настоящей статье. Сформулированные выводы и рекомендации по реализации результатов работы содержат перечень работ, необходимых для адаптации предложенной модели СМК к конкретным условиям деятельности организации.

Ключевые слова: цифровая экономика, система сохранения качества, продукция военного назначения, информационно-аналитический модуль, единая информационная среда, инозаказчик, сервисный центр, системы менеджмента качества, цифровые технологии, документы по стандартизации

THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE SERVICE CENTER MAINTENANCE AND REPAIR OF MILITARY PRODUCTS PURPOSE IN THE TERRITORY OF A FOREIGN CUSTOMER

[1]Antonov A.V., [2]Sidorin V.V.

[1]«Almaz-Antey» – Air end Space Defence Corporation, Joint Stock Company, Moscow, e-mail: 603083@gmail.com;
[2]«Autonomous non-profit organization «Institute of testing and certification of weapons and military equipment», Moscow, e-mail: sidorin@inis.ru

The article presents the model, organizational principles, structure, composition and functions of the complex regulatory and methodological support of the quality management system (QMS) service center for maintenance and repair of military products (PVN) in the territory of foreign customers, its application and operation. The purpose of QMS is to ensure the effectiveness of all types of processes to preserve the quality of PVN, including its maintenance, repair, resource extension and a number of other works on the territory of the foreign customer is implemented by the participation of all stakeholders, a coordinated set of documents for standardization. Thanks to the construction on the basis of modern, digital, control technologies, the presented model of the QMS of the service center makes it possible to implement a unified system approach to the maintenance and repair of military products (PVN) on the territory of the foreign customer not only for use by individual organizations, but also for the entire military-industrial complex (defense). Achieving the goal of research and development of the QMS model of the service center required solving a number of tasks, including the development of the methodology of the cyclic approach to QMS, the principles of the "digital" QMS of the service center, the functions of its processes and elements. The results of their decision are presented in this article. The conclusions and recommendations for the implementation of the results contain a list of works necessary for the adaptation of the proposed QMS model to the specific conditions of the organization.

Keywords: digital economy, the system of preservation of the quality of the military products, the information-analytical module, the common information environment, customer, service center, quality management system, digital technology, standardization documents

Реализация преимуществ единого системного подхода к обслуживанию и ремонту продукции военного назначения (ПВН) на территории инозаказчика не только в отдельных организациях, но и в масштабе всего оборонно-промышленного комплекса (ОПК) требует применения в такой системе современных эффективных технологий управления [1]. В условиях становления и развития цифровой экономики такими

инструментами для устойчивого эффективного взаимовыгодного сотрудничества с иностранными потребителями ПВН и экономического развития всего ОПК может стать система обслуживания и ремонта ПВН на территории инозаказчика на основе цифровых технологий.

Цель настоящей работы – исследование современного состояния с управлением деятельностью сервисного центра по обслуживанию и ремонту ПВН у инозаказчиков и разработка комплекса нормативно-методического обеспечения его системы менеджмента качества.

Для достижения поставленной цели использованы методы эвристического анализа, эвристического прогнозирования и эвристического комбинирования для решения ряда задач, включая разработку модели, принципов, структуры, состава и функций комплекса нормативно-методического обеспечения деятельности СМК сервисного центра по обслуживанию и ремонту ПВН на территории инозаказчика.

Актуальность этих задач находит подтверждение в совпадении с одним из направлений развития цифровой экономики, а именно: развитием торгово-закупочных процедур, аналитических инструментов, прогнозированием и принятием управленческих решений в целях обеспечения и соблюдения национальных интересов России при реализации её национальных приоритетов [1].

Требования к сохранению качества продукции военного назначения на этапе послепродажного обслуживания

Сохранение качества ПВН при ее обращении у потребителя – один из этапов её жизненного цикла, являющийся зоной ответственности организации-поставщика. Деятельность организации-поставщика (СМК) с этой целью включает выполнение на основе документированных процедур таких действий, как [2–4]:

– разработка и реализация мероприятий по устранению выявленных конструктивных и производственных дефектов в течение срока действия гарантийных обязательств;

– планирование и проведение планового и оперативного авторского надзора;

– взаимодействие представителей организации-поставщика с заказчиком и эксплуатирующими организациями при проведении авторского надзора;

– выполнение монтажных, пусконаладочных работ, проведение испытаний и обеспечение их необходимым оборудованием, оборудованием для мониторинга и измерений, инструментом и документацией;

– участие в контроле качества и приемке монтажных и пусконаладочных работ;

– организация и проведение предварительных испытаний военной продукции после проведения ее монтажа.

Показанная перспективность системного подхода к обслуживанию и ремонту ПВН на основе единой технико-экономической политики и формирования состояния устойчивого взаимодействия поставщиков и потребителей ПВН на взаимовыгодных условиях [5–7] требует разработки механизмов управления таким взаимодействием на стратегическом, тактическом и исполнительном уровнях. Объединение потенциала всех заинтересованных сторон – поставщиков и потребителей (инозаказчиков) в систему сохранения качества ПВН позволит с применением цифровых технологий не только обеспечить её обслуживание и ремонт, но и прогнозирование и предупреждение проблем с качеством ПВН при применении и эксплуатации. «Исполнительным механизмом» в такой системе должны стать сервисные центры, создаваемые и действующие на основе единых принципов, методов и средств обеспечения эффективности их деятельности.

Реализация преимуществ представленной модели системы сохранения качества ПВН на территории инозаказчиков на основе цифровых технологий требует разработки и внедрения управленческих и производственных технологий, разработки и внедрения методов и средств управления процессами и сервисным центром в целом [8]. Наиболее перспективные из них – это организация взаимодействия на основе сервисной бизнес-модели, прогнозное обслуживание и прогнозирование качества ПВН с технологиями отслеживания состояния и совместного использования ресурсов с возможностью реагирования на проблемы командами управления в реальном времени.

Циклический подход в системе менеджмента качества сервисного центра

«Инструмент» реализации новой, «цифровой», технологии обслуживания и ремонта ПВН на территории инозаказчика – система менеджмента качества сервисного центра, способная решать эти новые задачи. Реализация принципа PDCA (планирование – выполнение – анализ – внедрение) в такой СМК для выполнения принципиально новых задач включает выполнение сугубо специфических для сервисного центра видов деятельности (рис. 1).

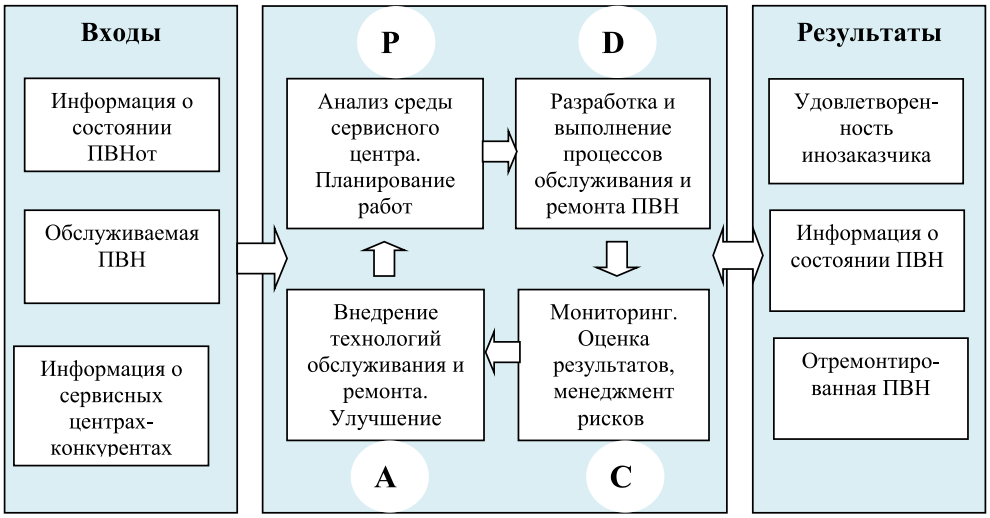


Рис. 1. Реализация цикла PDCA в СМК сервисного центра по обслуживанию и ремонту ПВН на территории инозаказчика

P – планирование. На этом этапе в СМК выполняется сбор и анализ факторов внешней и внутренней среды сервисного центра – информация о состоянии эксплуатируемой ПВН от организаций её применяющих, о сервисных центрах-конкурентах. Результат анализа – разработка основополагающих документов сервисного центра – стратегии, политики, целей, задач, документов по планированию работ сервисного центра по предупреждению проблем с качеством, обслуживанию и ремонту ПВН. Планирование работ с учётом рисков и возможностей, как связанных с особенностями применения ПВН, так и с деятельностью сервисного центра.

D – обслуживание и ремонт. Этот этап включает разработку новых или/и проверку пригодности существующих технологий обслуживания и ремонта ПВН, адаптацию существующих технологий к тем иди иным условиям, видам ПВН. Выполнение запланированных действий по анализу рисков при применении, обслуживании и ремонте ПВН. Прогнозирование состояния ПВН на основе статистической обработки полученной от эксплуатирующих организаций информации о параметрах и характеристиках ПВН. Разработка и применения технологий, методов, средств превентивного воздействия на ПВН с целью предотвращения отказов, других проблем с качеством ПВН, предупредительные ремонты, модернизация.

C – оценка и анализ результатов. Этот этап включает процессы мониторинга выполнения работ по обслуживанию, ремонту, превентивному устранению проблем с качеством ПВН, предупредительным ремонтам и модернизации ПВН. Цель – оценка эффективности менеджмента рисков, превентивного обслуживания, ремонта, модернизации ПВН, достаточности информации от пользователей ПВН, удовлетворенности потребителей, выявление несоответствий и потребности в изменениях и улучшении деятельности сервисного центра.

A – внедрение отработанных технологий и процессов обслуживания и ремонта ПВН. Внедрение во все виды деятельности сервисного центра и взаимодействия с инозаказчиками процессов менеджмента рисков, управления несоответствиями, управления изменениями, действия по улучшению в выбранных направлениях. Управление изменениями. Накопление и статистический анализ данных о состоянии ПВН, получаемых от эксплуатирующих организаций.

Совокупность циклической непрекращающейся деятельности по циклу PDCA в СМК сервисного центра приводит к требуемым результатам:

– отремонтированная или поддерживаемая превентивными мерами ПВН в требуемом состоянии;

– информация о состоянии ПВН при её применении;

– удовлетворенность эксплуатирующих ПВН организаций и инозаказчика в целом, гарантирующих долговременное взаимовыгодное сотрудничество с сервисным центром, его конкурентоспособность;

Необходимая для осуществления этой деятельности в СМК исходная информация, ресурсы, так называемые «входы»:

– информация о состоянии ПВН от инозаказчика;

– продукция с выявленными несоответствиями, а также требующая восстановления работоспособности, обслуживания, модернизации или предупредительного ремонта;

– информация о сервисных центрах-конкурентах.

Функционирование сервисного центра по такой модели требует разработки, внедрения и поддержания в рабочем состоянии совокупности «приводящих в действие» СМК нормативно-методических документов, обеспечивающих деятельность и сервисного центра, и всех других участников системы сохранения качества ПВН на территории инозаказчика, включая организации, применяющие и эксплуатирующие ПВН.

Структура и содержание требований к цифровой СМК сервисного центра

Система менеджмента качества сервисного центра как инструмент обеспечения качества и конкурентоспособности ПВН для эффективного решения задач сохранения её качества при применении на территории инозаказчика в условиях цифровизации должна соответствующим образом трансформироваться. Одно из основных условий результативности, эффективности и конкурентоспособности сервисного центра – объединение всех заинтересованных сторон – поставщика, сервисного центра, инозаказчика и организации, применяющих и эксплуатирующих ПВН, общей целью – сохранением её качества. Обратная связь и оценка удовлетворенности потребителя – один из атрибутов системы [9].

Для этого СМК сервисного центра должна обеспечить результативность его деятельности в едином для всех участников системы информационном пространстве по следующим основным направлениям (рис. 2):

– организация сбора и анализа информации о параметрах внешней и внутренней среды сервисного центра, разработка стратегии сервисного центра. Менеджмент риска применения ПВН, её обслуживания и ремонта, деятельности сервисного центра. Оценка возможностей сервисного центра;

– разработка и применение цифровых технологий прогнозирования качества, обслуживания и ремонта ПВН, обеспечения соответствия требованиям;

– разработка и применение цифровых технологий управления и взаимодействия сервисного центра с внешними организациями;

– анализ удовлетворенности инозаказчика. Управление изменениями в деятельности сервисного центра, его взаимодействия с другими участниками системы сохранения качества ПВН и заинтересованными сторонами. Обеспечение безопасности в деятельности по обслуживанию и ремонту ПВН.

Рис. 2. Направления деятельности «цифровой» СМК сервисного центра на территории инозаказчика

Функции СМК по уровням управления

Уровень управления	Функция СМК	Результаты
Стратегический	– анализ внешней и внутренней среды сервисного центра, оценка рисков и возможностей; – разработка стратегии, политики, целей, задач, их оптимизация и актуализация; – разработка организационной структуры сервисного центра; – распределение ответственности и полномочий должностных лиц в организационной структуре; – формирование системы процессов сохранения качества ПВН; – разработка системы информационного обеспечения и мер по защите информации	Разрабатываемые и актуализируемые самоорганизующейся информационно-аналитической подсистемой: – миссия, видение, стратегия, политика, цели, задачи сервисного центра; – организационная структура СМК сервисного центра; – закрепленные за должностными лицами обязанности, полномочия, ответственность, ресурсы; – система процессов СМК сервисного центра и их взаимодействие; – инфраструктура сервисного центра, среда для выполнения процессов
Тактический	– постановка целей и задач структурных подразделений сервисного центра и исполнителей процессов; – разработка и оптимизация структуры и процедур процессов, алгоритмов их выполнения и их взаимодействия; – ресурсное обеспечение процессов; – установление функций для персонала, участвующего в выполнении процессов и управлении автоматизированными процессами; – установление методов оценивания и управления процессами и их исполнителями	Подсистема управления процессами и их исполнителями – структурными единицами и сотрудниками, включая: – автоматизированные процессы обслуживания и ремонта ПВН; – автоматизированные обеспечивающие процессы; – методы и средства мониторинга, оценивания и управления обеспечивающими обслуживание и ремонт ПВН; – методы и средства управления персоналом, участвующим в выполнении процессов
Производственный (исполнительский)	– мониторинг и сбор данных о процессах сохранения качества ПВН, поставки, оценки результатов обслуживания, ремонта, модернизации, прогнозирования проблем с качеством, менеджмента рисков, управления изменениями; – управление цифровыми процедурами управления процессами; – поставка и мониторинг за состоянием ПВНпри её эксплуатации; – оценка и контроль качества продукции при её обслуживании и ремонте; – поставка и обеспечение качества восстановленной ПВН при применении	– информация о ходе и результатах процессов; – управляющие сигналы, воздействия по управлению процессами; – продукция; – информация о качестве ПВН при приемке после ремонтов, модернизации; – информация о качестве ПВН в процессе эксплуатации

Функции системы менеджмента качества сервисного центра

Используя достижения цифровых технологий [11, 12], СМК сервисного центра в интересах сохранения качества ПВН должна обеспечивать выполнение следующих функций (таблица):

– цифровое проектирование и моделирование процессов, услуг, процессов прогнозирования качества, предупреждения проблем с качеством, обслуживания, ремонта, модернизации ПВН на территории инозаказчика;

– разработка и внедрение роботизированных технологий, исключающих участие людей в процессах сохранения качества ПВН;

– управление разработкой и применением автоматизированных интегрированных систем, объединяющих процессы обслуживания и ремонта, управляющие процессы

в сервисном центре и процессы взаимодействия с инозаказчиком и другими заинтересованными сторонами в единую информационную систему.

Принципы деятельности системы менеджмента качества сервисного центра

Принципы менеджмента качества, заданные стандартом ISO 9000, для цифровой СМК сервисного центра с учетом особенностей его деятельности целесообразно дополнить следующими:

Синхронность – получение данных о ПВН от эксплуатирующих организаций в реальном времени.

Информативность – автоматизированный анализ больших данных для эффективного управления процессами.

Адаптивность – реагирование в реальном времени на изменения во внешней среде сервисного центра на основе интерактивного взаимодействия с ней.

Вариативность – возможность изменения правил, условий взаимодействия с участниками системы и другими заинтересованными сторонами в реальном времени для достижения высокой скорости принятия и реализации решений.

Комплексность – синергетическое сложение потенциала всех участников системы сохранения ПВН (организаций-поставщиков, сервисного центра, инозаказчиков, организаций, применяющих продукцию, других заинтересованных сторон).

Превентивность – устранение проблем с качеством ПВН до их возникновения на основе прогнозирования и моделирования отказов и процессов дефектообразования. Накопление и статистическая обработка данных о ПВН в процессе применения и эксплуатации. Менеджмент рисков и использование возможностей всех взаимодействующих сторон – поставщиков, заказчиков, организаций, эксплуатирующих ПВН, сервисного центра.

Заключение

– Результаты исследования и разработки СМК сервисного центра представляют собой подход к управлению деятельностью организации по обеспечению качества поставляемой продукции на этапе послепродажного обслуживания. Сохранение качества продукции на территории иностранного заказчика имеет ряд особенностей, в числе которых проблемы обратной связи с потребителем и для оценки его удовлетворенности, и для сбора данных о продукции в процессе её применения и эксплуатации, и своевременность ремонта, и предупреждение проблем с качеством, своевременной заменой блоков, узлов, модулей, продление ресурса изделий и ряд других.

– Представленная модель СМК дает возможность эффективного преодоления этих проблем в деятельности сервисного центра благодаря концепции единого для всех организаций оборонно-промышленного комплекса (ОПК) системного подхода с применением современных цифровых технологий управления. В ней учтены специфика деятельности сервисного центра по обслуживанию и ремонту продукции военного назначения (ПВН) на территории инозаказчика, включая особенности реализации принципа PDCA, структуру и состав процессов цифровой СМК сервисного центра, комплекс нормативно-методического обеспечения его деятельности.

– Функции «цифровой» СМК сервисного центра, установленные для различных уровней управления и решаемые ею задачи, нацелены на обеспечение эффективности и конкурентоспособности сервисного центра на территории инозаказчика.

– Представленная модель «цифровой» СМК сервисного центра может быть рекомендована организациям ОПК в качестве инструмента обеспечения эффективности взаимодействия с иностранными заказчиками на этапе послепродажного обслуживания поставляемой продукции.

– Внедрение «цифровой» СМК в организации потребует её адаптации к конкретным условиям – учета особенностей продукции, деятельности предприятия-изготовителя и поставщика, системы взаимосвязи с потребителем ПВН. Проблемы адаптации могут быть решены посредством разработки и внедрения соответствующих процессов в СМК, методов и средств управления цифровыми рабочими местами в сервисном центре, методов и технологий получения, хранения и анализа информации с использованием как собственных информационных ресурсов, так и распределенных мощностей – так называемых «облачных» технологий», интеграцией производственных и управленческих процессов.

Список литературы

1. Антонов А.В., Сидорин В.В. Современное состояние с обеспечением качества ремонта и обслуживания продукции военного назначения на территории инозаказчика // Вестник качества. 2018. № 4. С. 10–17.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015. 18 с.

3. ГОСТ РВ 0015-002-2012. [Электронный ресурс]. URL: https://euro-register.ru/upload/iblock/8e3/8e34ae59444cba26ce6447b44088ff27.pdf (дата обращения: 27.06.2019).

4. ГОСТ Р 56518-2015 Техника космическая. Требования к системам менеджмента качества организаций, участву-

ющих в создании, производстве и эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: https://files.stroyinf.ru (дата обращения: 27.06.2019).

5. ОСТ 134-1028-2012 с изм. 1 Ракетно-космическая техника. Требования к системам менеджмента качества предприятий, участвующих в создании, производстве и эксплуатации изделий. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.google.com/file/d/11ZTg0X0O4Lk2nVjdo61_qzUVXptYfFdn/edit (дата обращения: 27.06.2019).

6. ГОСТ Р ЕН 9100-2011 Системы менеджмента качества организациям авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности. Требования. [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-r-en-9100-2011 (дата обращения: 27.06.2019).

7. ГОСТ Р ЕН 9110 – 2011 Системы менеджмента качества. Требования к организациям технического обслуживания авиационной техники. [Электронный ресурс]. URL: http://gostpdf.ru (дата обращения: 27.06.2019).

8. Голубев В.В. Управление переданными (аутсорсинговыми) процессами в системе менеджмента качества // Вестник качества. 2012. № 1 (103). С. 32–39.

9. Черемухина Ю.Ю. Обратная связь с потребителями по вопросам работы с несоответствующей продукцией в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015: материалы Международной научно-технической конференции (19–23 ноября 2018 г.). М.: INTERMATIC – 2018, часть 5 РТУ МИРЭА. С. 1189–1191.

10. Чесалин А.Н., Гродзенский С.Я, Нилов М.Ю., Оценка качества решений на основе анализа иерархий и нечеткой логики // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции, 2018.

11. Развитие цифровой экономики в России. Программа до 2035 года. [Электронный ресурс]. URL: http://innclub.info/wp-content/uploads/2017/05/strategy.pdf (дата обращения: 15.08.2019).

12. Сидорин В.В. Система менеджмента качества оборонно-промышленного комплекса в цифровой экономике // Вестник качества. 2017. № 6. С. 5–18.

УДК 004.942:66.021.4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ВАННЕ РУДНОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Бобков В.И.

Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет МЭИ», Смоленск, e-mail: vovabobkoff@mail.ru

На основе гидродинамического подхода разработана математическая модель процесса образования шлама в электротермических процессах переработки продуктов пеллетирования обжиговых машин конвейерного типа в руднотермических печах, использование которой позволяет определять режимы управления, обеспечивает повышение энергоресурсоэффективности и экологической безопасности. Предлагается математическая модель процессов тепломассообмена в руднотермической печи, учитывающая базисные закономерности энергообмена. Модель позволяет связать обнаруженные закономерности теплообмена с выходными параметрами режимов функционирования печи. По результатам вычислительных экспериментов расчёта средней температуры газов в пространстве под сводом спроектированных на разную мощность руднотермических печей обнаружено, что с увеличением номинальной мощности печи температура газов в пространстве под сводом уменьшается. Конструкционные особенности и параметры руднотермических печей существенно влияют на теплоэнергетический режим функционирования, нарушая динамику газов и интенсивность процессов тепломассообмена. Анализ теплового состояния печи показывает, что в общем случае тепловыделение локализовано вблизи электрода. Интенсивность выделения тепла уменьшается по высоте ванны. Выявлена локализация источников тепла в зонах около электрода и неоднородность при различных углублениях электродов. Основное количество тепловой энергии реакционных тиглей выделяется в области под электродом, и тепловыделяющая масса почти не покидает предел зоны кокса. Удельное электрическое сопротивление шлака отличается от коксовой зоны, но эти неоднородности оказывают незначительное влияние на распределение источников тепла. Двухмерность математической модели позволила изучать оказывающие влияние на функционирование печи пространственно распределённые величины. Представлены расчеты температурных полей в расплаве, показывающие сильный перегрев расплава в зоне под электродом, но область с высокой температурой небольшая, хотя теплоперенос весьма интенсивный.

Ключевые слова: руднотермическая печь, гидродинамика, тепломассообмен, электротермия, температура, электрод, математическая модель, энергоресурсоэффективность

MATHEMATICAL MODEL OF TRANSFER PROCESSES IN VANN ORE-SMELTING FURNACE OF THE FURNACE ON THE BASIS OF HYDRODYNAMIC APPROACH FOR THE ANALYSIS OF THE HEATHYDRAULIC MODES OF FUNCTIONING

Bobkov V.I.

Smolensk Branch of the National Research University Moscow Power Engineering Institute, Smolensk, e-mail: vovabobkoff@mail.ru

On the basis of hydrodynamic approach the mathematical model of process of formation of slimes in electrothermal processes of processing of pellets products indurating machines conveyor-based in the ore-smelting furnaces which use allows to define control modes is developed, provides increase in energy efficiency and environmental safety. The mathematical model of processes of a heat and mass transfer in the ore-smelting furnace considering basic regularities of power exchange is offered. The model allows to connect the found regularities of heat exchange with exit pupils of the modes of functioning of the furnace. By results of the computing experiments of calculation of average gas temperature in space under the arch designed on different power, the ore-smelting furnaces it is revealed that with increase in rated power of the furnace gas temperature in space under the arch decreases. Design features and parameters the ore-smelting furnaces significantly influence the heat power mode of functioning, breaking dynamics of gases and intensity of processes of a heat and mass transfer. The analysis of a thermal condition of the furnace shows that generally heat release is localized near an electrode. The intensity of a heat liberation decreases on bathtub height. Localization of sources of heat in zones about an electrode and inhomogeneity is revealed at various deepenings of electrodes. The main amount of thermal energy of reactionary crucibles is emitted in the area under an electrode, and the heat-producing weight almost doesn't leave a coke zone limit. Specific electrical resistance of slag differs from a coking zone, but these inhomogeneities have an insignificant impact on heat source distribution. Allowed to study two-regularity of mathematical model, the furnaces affecting on functioning, spatially the distributed sizes. The calculations of temperature profiles in a melt showing the strong overheating of a melt in a zone under an electrode, but area with high temperature small though heat transfer very intensive are presented.

Keywords: ore-smelting furnace, hydrodynamics, heatmass exchange, electrothermie, temperature, electrode, mathematical model, energy efficiency

Математическое моделирование тепломассообменных процессов в ванне руднотермических печей позволяет учитывать возникновение и влияние тепловых и гидродинамических неоднородностей на энергоэффективность функционирования печи [1].

Глубокое осмысление взаимозависимости и связи гидродинамики, тепломассообмена,

химико-технологических и фазовых взаимодействий на параметры функционирования печей достигается полным анализом всех процессов происходящих в ванне печи [2].

Принципиально важно цельно представлять теплоэнергетическое состояние руднотермической печи для обнаружения и недопущения таких побочных проявлений, как: повышенный износ обмуровки в шлаковом пространстве и наличие устойчивого проявления гарнисажного горизонта; обеспечения наименьших термонапряжений в обмуровке корпуса и электродах; контролировании энергообмена в зоне шихты и спекания электродов [3].

Так как эти явления косвенно или прямо связаны друг с другом и значительно обеспечиваются режимными параметрами функционирования печей и их конструкциями, то проявляются очевидные направления акцентирования дальнейших теоретических разработок [4]. В этом смысле, облегчается проблема единства структуры математических моделей для описания энерго-технологических процессов, протекающих во всех зонах ванны руднотермической печи [5].

Построение математической модели процессов переноса в ванне руднотермической печи

Система уравнений для описания тепломассообменных процессов в руднотермической печи содержит уравнения сохранения: газовой компоненты, кокса, шлака и P_2O_5. Уравнения динамики для каждой фазы и уравнений энергии для всех компонент [6].

Область реакции руднотермической печи образована многослойной массой частиц кокса, которые вместе с расплавом движутся вниз, с протекающими восстановительными реакциями окислов в жидкой фазе на поверхностях коксовых частиц.

Оксид углерода – это газовый компонент восстановительной реакции, перемещающийся в противотоке, барботирующий в расплаве, интенсифицирующий переносные процессы. Математическое описание теплообмена в данной системе представляет собой уравнения сохранения энергии и массы твёрдой, газовой и жидкой фаз в тензорной форме [7].

Уравнение сохранения массы:

$$\frac{\partial\left(z_i\rho_i\right)}{\partial\tau}+z_i\rho_i\frac{\partial W_{ij}}{\partial x_i}=D_i\frac{\partial^2\left(z_i\rho_i\right)}{\partial x_j^2}+\omega_{Ri}.$$

Уравнение динамики:

$$\frac{\partial\left(z_i\rho_i W_{ij}\right)}{\partial\tau}+z_i\rho_i W_{ij}\frac{\partial W_{ij}}{\partial x_j}=-\frac{\partial P}{\partial x_j}+\mu\frac{\partial^2 W_{ij}}{\partial x_j^2}+f_{ij}.$$

Уравнение сохранения тепловой энергии:

$$\frac{\partial\left(z_i\rho_i\eta_i t_i\right)}{\partial\tau}+z_i\rho_i\eta_i W_{ij}\frac{\partial W_{ij}}{\partial x_j}=\lambda_i\frac{\partial^2 t_i}{\partial x_j^2}+Q_{Vi}.$$

Уравнение распределения электрического потенциала

$$\mathrm{div}(\mathrm{grad}\varphi_e)=0,$$

где $f_{г\,i}=[m_г\rho_г-\rho_{шл}(1-m_г)]g-c_f(W_{г\,i}-W_{шл\,i})$, c_f – коэффициент сопротивления;

$$c_f=0{,}5c_0\,\rho_{шл}\,m_г\,S_В\,|W_{г\,i}-W_{шл\,i}|/V_в;$$

$$c_0=24(1+0{,}15\,Re_в^{0.687})/Re_в+$$

$$+0{,}42\,Re_в/(1+4{,}25{*}10^4 Re_в),$$

или

$$c_0=8/3\,(1-m_г)^2.$$

Здесь $S_в$, $V_в$ – поверхность и объем пузырьков газа, барботирующего через расплав; $Re_в=(W_{г\,i}-W_{шл\,i})\,d_в/\nu_г$; $d_в$ – диаметр пузырьков газа;

$$f_{шл\,i}=\rho_{шл}\,g+c_f(W_{г\,i}-W_{шл\,i})-$$

$$-c_{f\,s}(S_{удк}/\varepsilon_k^3)\,\rho_{шл}W^2_{шл}/2,$$

где c_{fs} – коэффициент трения, характеризующий взаимодействие шлака с частицами кокса;

$$c_{fs}=0.46+40/Re_{шл}+2.28/Re_{шл}^{0.5};$$

$$Re_{шл}=W_{шл}\,d_{экв}/\nu_{шл};$$

$$d_{экв}=4\,\varepsilon_к/S_{удк},$$

где $S_{удк}$ – удельная поверхность частиц кокса.

Источниковые члены для уравнений энергии фаз:

$$Q_{г\,V}=\alpha_V(t_{шл}-t_г);$$

$$Q_{ve}=(1/\rho_e)\mathrm{grad}^2\varphi_e-\alpha_V(t_{шл}-t_г)-Q_{хр}\,\omega_{хр\,г},$$

где $\alpha_V=S_{удв}\alpha_в$ – объемный коэффициент теплоотдачи; $S_{удв}$ – удельная поверхность пузырьков газа.

$$Nu=\alpha_F\,d_в/\lambda=2{,}0+0{,}6\,Re^{0.6}\,Pr0^{.33},$$

где $Re=W_г d_в/\nu_г$ – критерий Рейнольдса.

$$q_{ф\,V}=\rho_м\,Q_{пл}(d\xi/d\tau),$$

$$f_{i\,г}=-W_{г\,i}m_г c_{г\,f},$$

где

$$c_{г\,f}=150\,\mu_г(1-\varepsilon)^2/(d^2_м\,\varepsilon^2)+$$

$$+1{,}75\,\rho_г(1-\varepsilon)|W_г|/d_м.$$

Шихтовая зона руднотермической печи описывается уравнениями сохранения количества движения, энергии и массы в твердой и газовой фазе, пополненные уравнением переноса тепла для самоспекающегося электрода и имеют вид

$$Q_{г\,V} = -\alpha_V (t_г - t_м);$$

$$Q_{м\,V} = \alpha_V (t_г - t_м).$$

Замыкаемые соответствующими граничными и начальными условиями, приведенные уравнения обеспечивают проведение анализа и взаимосвязи основных параметров тепломассообмена на режим функционирования руднотермической печи.

Гидродинамический метод для анализа теплогидравлических режимов функционирования руднотермической печи

Представленная система уравнений очень сложна, а её решение сопряжено с определёнными трудностями, это особенно важно, если использовать модель в различных зонах руднотермической печи. Для такого случая сложность и размерность задачи увеличивается в три раза. Проблема становится неразрешимой с математической точки зрения [8].

Для случая применения эффективных коэффициентов переноса тепла в газовой и жидкой фазах уравнения энергии и динамики этих фаз связываются воедино, как некоторый континуум, который представляет теплоэнергетическую характеристику энергопереноса между фазами [9].

Соотношение в первом приближении фильтрационной динамики газа для потенциальной функции в многослойной массе частиц кокса, в расплаве с учетом источников выделения газа для плотности G имеет вид

$$\Delta\varphi_g = G;$$

уравнение сохранения массы реагирующей фазы имеет вид

$$(1 - \varepsilon_c) z w_l \nabla C_l^{p2o5} - \mathrm{div}(D_t \mathrm{grad}\, z C_l^{p2o5}) + \omega_R = 0;$$

уравнение сохранения энергии имеет вид

$$\lambda_t \Delta t - (1 - \varepsilon_c)\rho_{gl} c_{pgl} w_l \nabla t = q_v - Q_R \omega_R;$$

уравнение распределения электрического потенциала принимает вид

$$\rho_{el} \Delta\varphi_{el} = 0.$$

Скорость газового потока выводится из закона газовой фильтрации через слой кокса:

$$w_g = -k \nabla\varphi_g,$$

где ρ_{gl} – плотность газожидкостной смеси; k – эквивалентный коэффициент фильтрации; z – массовая доля компонента; λ_t – турбулентная теплопроводность расплава, определяемая барботажем газа; $q_v = \rho_e (\nabla\varphi_{el})^2$ – удельная объемная электрическая мощность.

Для шихтовой области печи применяется система уравнений, включающая динамику газа в шихтовом слое, динамику перемещения дисперсных частиц шихты и уравнений передачи тепловой энергии в твердой и газовой фазе.

Соотношение для функции потенциала в первом приближении потока газа при фильтрации сквозь шихтовый слой: $\Delta\varphi_g = 0$; уравнение для потенциальной функции гравитационного движения дисперсных частиц: $\Delta\varphi_m = 0$, теплообмен в шихтовой области руднотермической печи определяется уравнениями

$$(1 - \varepsilon) c_{pm} \rho_m w_m \nabla t_m - \lambda_m \Delta t_m = \alpha_v (t_g - t_m),$$

$$\varepsilon c_{pg} \rho_g w_g \nabla t_g - \lambda_g \Delta t_g = \alpha_v (t_m - t_g),$$

где ρ_m, ρ_g, λ_m, λ_g, c_{pm}, c_{pg}, – плотность, теплопроводность и теплоемкость шихты и газов; α_v – коэффициент обмена тепловой энергией между шихтой и газом.

Скорость газового потока описывается исходя из предположения малости инерционных и вязкостных эффектов законом фильтрации Дарси:

$$w_g = -k_g \nabla\varphi_g.$$

Скорость схода шихты w_m определяется как градиент соответствующего потенциала:

$$w_m = -\nabla\varphi_m,$$

получаемого в результате решения уравнения для потенциала.

Уравнение теплопереноса в самоспекающемся электроде

$$\lambda_e \Delta t_e - \rho_{el} c_{pel} w_{el} \nabla t_e = q_{ve} - Q_{Re} \omega_{Re},$$

где ρ_{el}, c_{pel}, λ_e – плотность, теплоемкость и теплопроводность электродного материала; q_{ve}, Q_{re}, ω_{Re} – плотность джоулевого выделения тепла, неизотермический эффект пиролиза и его скорость; w_{el} – скорость перезапуска электродов.

Замыкаемые соответствующими начальными и граничными условиями, представленные уравнения обеспечивают анализ влияния главенствующих параметров тепломассообмена при функционировании в регламентном режиме ванны руднотермической печи.

В верхней части углеродистой области температура соответствует температуре шихтового плавления, а граничные условия в обмуровке ванны печи описываются условиями теплоэнергетического обмена сквозь обмуровку. Считается что стенки ванны печи теплоизолированны.

Сход шихты описывается граничными условиями на фазе плавления уравнением

$$\rho_m \partial\varphi_m/\partial n = -(\lambda_t \partial t_p/\partial n - \lambda_m \partial t_m/\partial n)/Q_L,$$

где ρ_m – плотность насыпной массы шихты, Q_L – теплота плавления шихты, $\partial t_p/\partial n$ – градиент температуры в расплаве области плавления.

Для электрического потенциала граничные условия принимают вид: на электродах $\varphi_{el} = \varphi_{ele}$; в подовом пространстве $\varphi_{el} = 0$; на шихтовой поверхности $\partial\varphi_{el}/\partial n = 0$; на границе раздела зон

$$\varphi_{el\,k} = \varphi_{el\,k+1} \text{ и } \rho_{el\,k}\partial\varphi_{el\,k}/\partial n = \rho_{el\,k+1}\partial\varphi_{el\,k+1}/\partial n,$$

где ρ_{el} – удельная электрическая проводимость, k – расчётный номер пространства ванны руднотермической печи.

В верхней части температура шихты обеспечивается температурой внешней среды. Обмуровка печи полагается полностью теплоизолированной. Температура шихты, подаваемой в печь, соответствует температуре окружающей среды, и на фронте плавления – температуре плавления минеральной доли шихты [10].

Температура газа на выходе из области реакции представляется как средняя температура по расплаву в заданном сечении.

Фронт плавления в шихте, учитывая непроницаемость обмуровки стен ванны печи, описывается уравнениями граничных условий сохранения массы концентрации P_2O_5.

Математическое описание тепломассообменных процессов в ванне печи получается разбивкой полной системы уравнений на частные уравнения и подсистемы, с учётом «замороженности» некоторых процессов и их локализации в области под электродом при поочерёдном решении последовательных задач в различных зонах. Возможна оценка в первом приближении поля температур в области интенсивного химического реагирования с учётом ряда допущений постоянства концентраций реагента в реакционной области, стационарности процессов в расплаве, независимости процессов энерговыделения и тепломассопереноса. Такой подход является обоснованным при учёте различий характерного времени реагирования и тепломассопереноса.

В исследовании представлены оценки параметров состояния ванны печи, учитывающие допущения, не искажающие основных положений по физико-химическому смыслу задачи и несильно сказывающиеся на окончательных расчётных результатах.

Обсуждение результатов

Системный анализ полученных результатов дает основание устанавливать закономерности распределения температур печных газов в пространстве под сводом, при изменении управляющих параметров: дозирование кокса, гранулометрический состав шихты, напряжение на электродах, выявить влияние режимов функционирования печи на слой гарнисажной обмуровки.

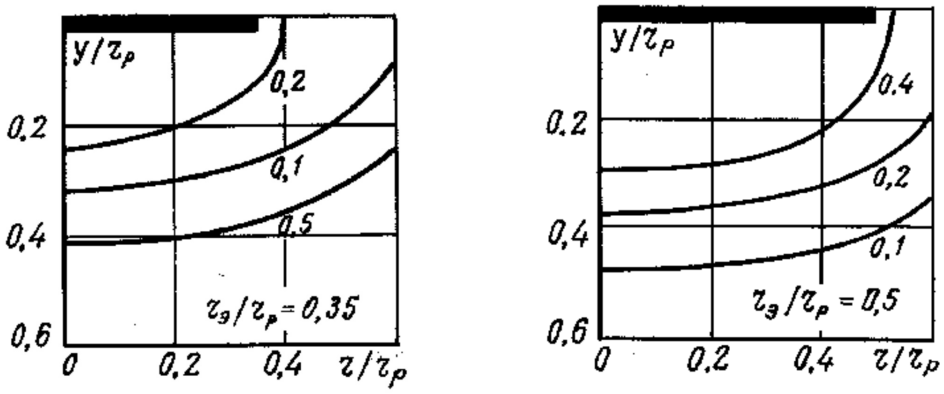
Рассматривая зону реакции как цилиндрическое пространство с осью симметрии, соответствующей оси электрода, упрощается математическое описание физико-химических процессов в расплаве на базе взаимовлияния трёх отдельных локализованных реакционных объёмов [11].

Выделение тепловой энергии в расплаве – это главный источник энергии, который определяет интенсивность протекания химических реакций в соответствующей области ванны печи. В соответствии с современными представлениями доля энергии в пространстве под сводом печи образуется на дуге, выделяющейся в области под электродом, какая-то часть при движении тока через область углерода в расплаве. Основная часть выделения тепла – это джоулевая тепловая энергия. Следовательно, очень важно определить факторы, оказывающие влияние на выделение тепла [12]. Плотность тока следует считать зависимой лишь от пространственных координат, а не от временных, так как электромагнитные процессы протекают намного быстрее процессов переноса теплоты.

Объёмное распределение мощности обеспечивается стабилизацией реакционной области и выражается характерным смещением части объёмной мощности в сторону электрода. Увеличивается также радиус реакционного тигля – r_p.

Наращивание гарнисажного слоя на стенки ванны в расплаве позволяет уменьшить радиус реакционного тигля и обеспечивается распределением потенциала, способствующим значительному интенсивному выделению тепла на границе тигля. Оно препятствует дальнейшему сокращению реакционной зоны (рисунок).

Обнаружена экспоненциальная зависимость выделения тепловой энергии по глубине зоны реакции. Выделение теплоты локализовано в окрестности электрода. Этот факт дает основание предполагать, что электрическое поле электродов в расплаве трехэлектродных руднотермических печей мало взаимосвязаны между собой. Суммарное выделение тепловой энергии в трехэлектродной печи производится, с использованием свойства аддитивности.



Распределение выделения тепловой энергии в реакционной зоне печи

Степень интенсивности выделения теплоты сильно уменьшается по глубине ванны. Явно наблюдается локализация источников теплоты в зонах около электрода, а неоднородность в условиях различного заглубления электродов.

Заключение

Итак, основная доля тепловой энергии реакционных тиглей выделяется в области под электродом, и тепловыделяющий горизонт слоя почти не выходит за рамки коксовой зоны. Шлак имеет другое от коксовой области удельное электрическое сопротивление. Выявлено, что такие неоднородности мало оказывают влияние на распределение теплоэнергетических источников.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 18-29-24094 МК.

Список литературы

1. Леонтьев Л.И., Григорович К.В., Костина М.В. Фундаментальные исследования как основа создания новых материалов и технологий в области металлургии. Часть 1 // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 1. С. 11–22.

2. Бобков В.И. Моделирование термически активируемых процессов обжига окомкованного сырья // Тепловые процессы в технике. 2016. № 1. С. 42–47.

3. Бобков В.И., Мищенко М.Н. Исследование теплофизических характеристик окомкованного фосфатного материала // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 7–1. С. 26–29.

4. Бобков В.И. Энергосбережение в технологии сушки материала в плотном слое на основе интенсификации тепломассообмена // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12–4. С. 585–589.

5. Леонтьев Л.И. Физико-химические особенности комплексной переработки железо-содержащих руд и техногенных отходов // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Тезисы докладов в 5 т. Уральское отделение Российской академии наук. Екатеринбург, 2016. С. 92.

6. Luis P., Van der Bruggen B. Exergy analysis of energy-intensive production processes: advancing towardsa sustainable chemical industry. Journal of Chemical Technology and Biotechonology. 2014. Vol. 89. No. 9. P. 1288–1291.

7. Боковиков Б.А., Брагин В.В., Швыдкий В.С. О роли зоны тепловой инерции при термообработке окатышей на обжиговых конвейерных машинах // Сталь. 2014. № 8. С. 43–48.

8. Elgharbi S., Horchani-Naifer K., Férid M. Investigation of the structural and mineralogical changes of Tunisian phosphorite during calcinations. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2015. Vol. 119. No. 1. P. 265–269.

9. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Федина В.В. Определение комкуемости железорудной шихты с целью прогнозирования прочностных свойств окатышей // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 8. С. 53–57.

10. Буткарев А.А. Особенности практического использования методологии ВНИИМТ для оптимизации теплотехнических схем обжиговых конвейерных машин // Металлург. 2011. № 4. С. 38–43.

11. Панченко С.В., Широких Т.В. Теплофизические процессы в шихтовой зоне электротермических рудовосстановительных реакторов // Теоретические основы химической технологии. 2014. Т. 48. № 1. С. 83–89.

12. Бобков В.И. Оптимизация химико-технологического процесса сушки в стационарном режиме многослойной массы фосфоритовых окатышей по критерию энергоресурсоэффективности // Современные наукоёмкие технологии. 2018. № 5. С. 25–29.

УДК 656.224

ПРОБЛЕМА ОПТИМИЗАЦИИ ОБОРОТА ПОЕЗДНЫХ ЛОКОМОТИВОВ

Вакуленко С.П., Попова Т.Г.

Институт управления и информационных технологий Российского университета транспорта, Москва, e-mail: post-iuit278@bk.ru, tatyana_27@mail.ru

Проблемой оптимизации оборота локомотивов ученые занимаются давно. Однако следует отметить то немаловажное обстоятельство, что основой исследования подобных работ обычно являлись ручные графики, которые строились в большом количестве и на основании которых выводились многочисленные формулы. Настоящая статья посвящена решению важной проблемы построения оптимальных графиков оборота для конкретного полигона с заданной структурой поездопотока, а также существующим локомотивным парком. В работе подробно проанализированы научные исследования, посвященные оптимизации оборота локомотивов. На основе широкого спектра анализа подробно анализируется повышение производительности локомотива благодаря применению инженерных моделей. Кроме этого, в статье также рассматриваются процессы оборота локомотивов и организация техобслуживания. При этом широко используется такое программное обеспечение, как Лабиринт. В статье подробно описывается имитационная модель участка обращения локомотивов, а также проводится анализ вырезки рассчитанного графика движения для оптимизационной модели. На основе проведенного анализа, теоретического и практического материала производится сопоставление выводов, к которым приходят авторы статьи вследствие выявления и анализа проблемы улучшения работы локомотивного парка.

Ключевые слова: локомотивный парк, имитационная модель, программное обеспечение, производительность труда, инженерные модели

PROBLEMS OF OPTIMIZING LOCOMOTIVE TURNOVER

Vakulenko S.P., Popova T.G.

Institute of The Railroad Operation and Information Technologies of the Russian University of Transport, Moscow, e-mail: post-iuit278@bk.ru, tatyana_27@mail.ru

To begin with it is important to say that researchers have been interested on problems of optimizing turnover for a long time. But we should point out that originally for most of such kind of works the most frequent basis for evaluation wasn't automatic calculation. The paper dwells upon the solution of the problem of drawing up the optimal schedule of the test range turnover with the set train–stream structure and the existing locomotive fleet. The research papers on optimizing locomotive turnover are analyzed. The optimization of locomotive turnover schedule while serving the trains is described with original mathematic dynamic models. The processes of locomotive turnover and service are considered. The Labyrinth optimization model is used for turnover calculations, and dynamic transportation task is used for service calculations. The imitation model for the turnover section is given as well as a part of the schedule for the model. The results of the optimization and imitation models are compared.

Keywords: locomotive park, simulation model, program support, labour efficiency, engineering models

Нельзя переоценить роль перевозок в экономической и социальной жизни народонаселения нашей страны, что объясняется специфическими территориальными и природными особенностями Российской Федерации. Неслучайно одной из главных государственных задач является создание народонаселению страны всех условий для его территориальной мобильности, что направлено на эффективное использование как природных, так и рабочих ресурсов.

В нашей статье мы рассмотрим такой, несомненно, насущный вопрос, как проблема оптимизации оборота поездных локомотивов.

Приступая к описанию вопросов улучшения производительности труда локомотивных парков, прежде всего, отметим, что поездопоток во многом определяется графиком движения (ГДП). Необходимо оптимальное использование локомотивов, и этим обстоятельством, следовательно, определяется потребность в освоении заданных размеров движения. Нормирование парков локомотивов производится, сообразуясь с графиком движения поездов.

Таким образом, вполне объяснима необходимость соответствующих мер, в том числе – использование такого важного составляющего, как регулирование при повышении производительности оборота поездных локомотивов. Действительно, именно регулировочные меры являются основополагающими при загрузке и технологии работы. Соответственно, системы локомотивного хозяйства, являющиеся, несомненно, фундаментальной основой оптимизации оборота поездных локомотивов, непосредственно соотносятся с графиком локомотивного оборота.

Инженеры уже на протяжении многих лет активно изучают вопросы, которые связаны с оптимальным использованием локомотивного парка. Однако при этом не-

маловажно подчеркнуть, что в большинстве своем подобные работы основываются на ручных графиках с использованием самых разнообразных формул [1]. Отдавая дань подобным исследованиям, все же, с нашей точки зрения, отметим и слабую сторону таких расчетов. Прежде всего, отметим тот факт, что ручные расчеты требуют очень много времени для составления графиков движения с небольшим количеством локомотивов. Для облегчения подобной ситуации делались попытки применения графиков со строгой оптимизацией. Но, к сожалению, дело не увенчалось успехом.

Так, например, исследователь В.И. Некрашевич [2, 3] в своих трудах особо подчеркивает свою точку зрения относительно того, что если при построении графика оборотов локомотивов отталкиваться от задачи такого вида программирования, как линейное программирование, то, следовательно, мы неминуемо сталкиваемся с вопросом разрешения огромной размерности. Однако основным рассматриваемым решением здесь является факт перецепки локомотива с одной нитки графика на другую. Поэтому здесь необходимо использовать другой подход.

Цель исследования: обеспечить построение оптимальных графиков оборота для конкретного полигона с заданной структурой поездопотока и существующим локомотивным парком.

Оптимизационная модель Лабиринт и имитационное моделирование

Модель оптимизации *Лабиринт* базируется на решении такой важной задачи, как динамическая транспортная задача [4]. Отметим, что данная модель показывает данные для успешной работы локомотивов и другие параметры процесса поездопотока для решения выбора эффективности тех или иных режимов. Нами сделаны расчеты на конкретном участке обращения.

Для выявления и анализа достигнутых результатов использовалась имитационная модель того же поездопотока и того же самого участка при помощи моделирующей системы *ИМЕТРА*.

В транспортной динамической задаче выявляются и анализируются составопотоки, продвигающиеся по конкретно составленному графику движения. Локомотивы цепляются к составам с теми или иными ограничениями [2, 5]. Таким образом, следовательно, о движении поезда можно говорить при совместном перемещении прикрепленного к составу локомотива.

Основополагающим фактором при комплексной оценке конечного результата является минимизация издержек на все пробеги и простои. Модель дает представление по различным данным каждого конкретного локомотива и поезда, в том числе и такие результаты, как:

а) обобщенные – использование локомотивов и движение поездов;

б) по локомотивам (таблица). В таблице можно производить упорядочивание по столбцам. Из каждой строки таблицы можно перейти к графику оборота;

в) по поездам.

Параметры работы локомотивов

Полная занятость	Полезная занятость	Отстой	Простои с составом	Резервный пробег	Число поездов
[5] 15:52	[5] 11:28	08:00	04:24	00:00	8
[5] 14:32	[5] 11:04	07:04	03:28	00:00	6
[5] 14:16	[5] 10:56	06:24	03:20	00:00	7
[5] 16:16	[5] 10:48	02:48	05:28	00:00	8
[5] 14:32	[5] 10:32	08:32	04:00	00:32	7
[5] 15:28	[5] 10:32	02:32	04:56	00:00	7
[5] 15:12	[5] 10:08	07:04	05:04	00:00	6

На исполненном графике движения показано движение всех поездов и локомотивов резервом с дополнительной информацией, а также процессы на станции (рис. 1).

Модель построена для сравнения режимов работы и показателей поездопотока при использовании оптимизационной модели и без нее.

Для моделирования использовалась такая имитационная система, как *ИМЕТРА*, которая прошла апробацию и государственную регистрацию [2]. В модели дано соответствующее реальности представление о технологии управления поездопотоком. Отметим, что имитационная модель способна дать весьма широкий спектр получаемых данных, что, соответственно, объясняется тем, что данная модель направлена не только на построение графика оборота локомотивов и движения поездов, но и на весьма наглядную демонстрацию конкретной работы той или иной станции. Так, например, при использовании имитационной системы *ИМЕТРА* наглядно отражаются:

а) простои поездов на станциях полигона (рис. 2);

б) причины основных задержек в продвижении поездопотока. Здесь видно, что основные задержки поездов происходят не из-за участков и станций, а из-за локомотивов. На рис. 3 представлены элементы структуры, вызывающие задержки;

в) загрузка в динамике станций и парков (рис. 4).

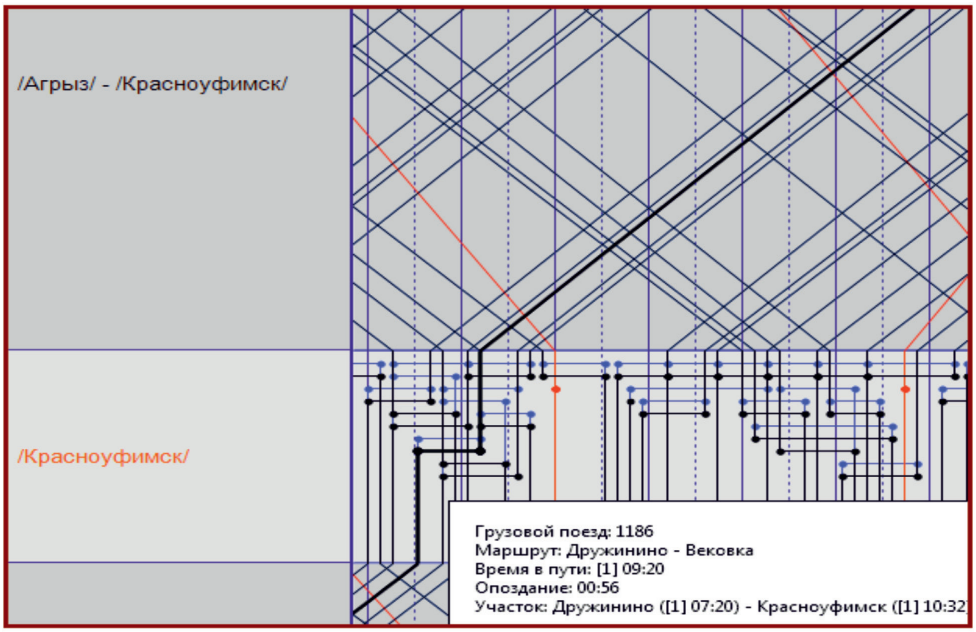


Рис. 1. Вырезка из исполненного графика движения (оптимизационная модель)

Рис. 2. Среднее время нахождения вагонов на станциях

элемент	графически	факт	всего	в среднем
Лок. ВЛ80[Вековка]		421:53	421:53	0:31
нечетная горловина парка парк З/ Юдино/		23:56	23:56	0:07
нечетная горловина парка парк З/ Вековка/		20:56	20:56	0:02
Вагоны в парке ПОП [Муром]		17:22	17:22	1:24
четная горловина парка парк С/ Юдино/		17:13	17:13	0:05
нечетная горловина парка парк С/ Юдино/		11:56	11:56	0:04

Рис. 3. Элементы структуры, вызывающие задержки

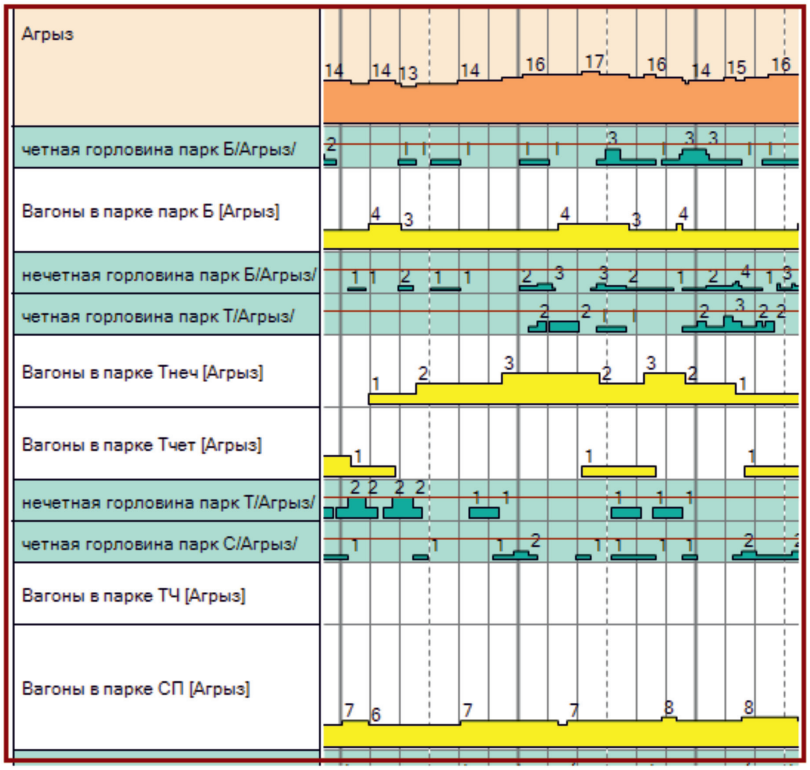


Рис. 4. Загрузка парков, станции и горловин

Проведенное исследование показывает, что в обеих моделях технологические процессы подобны. Отметим, что в имитационной модели также строится исполненный график движения с возможностями дополнительного анализа продвижения поездов и работы локомотивов (рис. 5). При этом важно отметить то немаловажное обстоятельство, что динамика свободных локомотивов по станциям количественно имеет сходный характер (рис. 5).

Однако графики оборота локомотивов и степень полезного использования существенно отличаются. Так, например, при количестве локомотивов 150 локомотивы успешно справляются с поездопотоком. Что касается задержек локомотива, то они минимальны. Если говорить о среднем полезном использовании, то оно, соответственно, равно 94,8 %, в то время как резервный пробег составляет лишь 1 %. Отметим, что на полигоне находятся около 190 локомотивов.

В том случае, если на станции находятся 200 локомотивов, то есть при увеличении на 10 локомотивов, мы, соответственно, отмечаем увеличение резервного отстоя, тогда как изменения на пропуске поездов не происходит. Таким образом, говоря иными словами, происходит явное снижение полезного использования оборота локомотивов. Что касается имитационной модели, то здесь мы отметим совершенно иную картину. Здесь при 200 локомотивах имеют место значительные задержки поездов. Средняя полезная занятость, соответственно, равна 76,8 %.

Отметим также, что в середине локомотивного состава поезд, по сравнению с головной частью, может реализовать большую силу тяги. Это обстоятельство может быть объяснено целым рядом факторов, в том числе и тем, что, во-первых, увеличивается коэффициент сцепления до 17%, поскольку рельсы очищены вагонами при любых погодных условиях. В качестве второго фактора того обстоятельства, что происходит реализация большей силы тяги в середине локомотива, может быть назван тот фактор, что происходит перераспределение на переднюю автосцепку с задней автосцепки тяговой нагрузки. Таким образом, следовательно, защитой снижается также тяговая нагрузка от боксования.

В контексте нашего описания отметим и то обстоятельство, что на станции для пропуска потока также имеет место соединение поездов при перерывах в локомотивном движении. Такие ситуации имеют место, когда одна секция выходит из строя. В таком случае, соответственно, поезд ставится вторым и, следовательно, одним локомотивом, который представляет собой не что иное, как трехсекционный локомотив, ведут три секции.

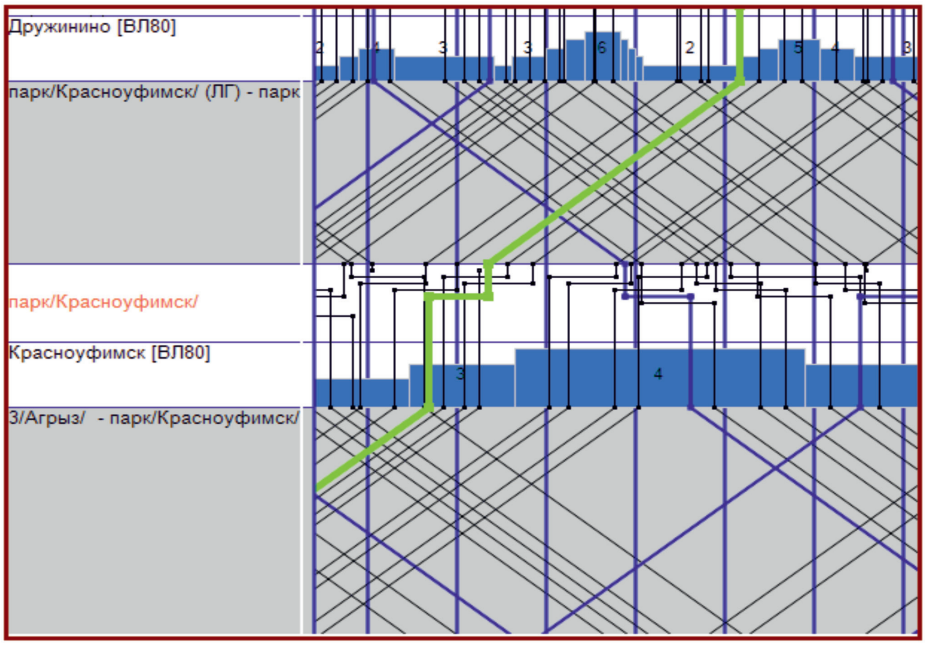


Рис. 5. Вырезка из графика исполненного движения (имитационная модель) (синим цветом – число свободных локомотивов)

Таким образом, рассматривая проблему оптимизации процессов перевозок, мы приходим к выводу, что для эффективного грузового и пассажирского движения необходимо учитывать множество обстоятельств, часть которых мы описали в нашей статье.

Заключение

На основе рассмотрения вопросов оптимизации оборотов локомотивов мы приходим к выводу, что Лабиринт, как оптимизирующая система, представляет собой важный оптимизирующий блок в локомотивных автоматизированных системах управления (АСУ) при подключении этой оптимизирующей системы к соответствующим информационным системам.

Список литературы

1. Козлов П.В., Вакуленко С.П., Колокольников В.С. Оптимизация оборота локомотивов при заданных поездопотоках // Железнодорожный транспорт. 2016. С. 34–37.

2. Некрашевич В.И. Система управления эксплуатацией локомотивов: дис. … докт. техн. наук. Москва, 1988. 588 с.

3. Некрашевич В.И., Апатцев В.И. Управление эксплуатацией локомотивов. М.: РГОТУПС, 2004. 257 с.

4. Козлов П.А., Набойченко И.О., Пермикин В.Ю. От Кузбасса до Усть-Луги единая модель // Железнодорожный транспорт. 2016. № 3. С. 26–29.

5. Козлов П.А., Тушин Н.А., Слободянюк И.Г. Макромоделирование железнодорожных станций и узлов // Наука и техника транспорта. 2015. № 2. С. 82–88.

УДК 004.891.2

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ ПОДЕРЖАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Гамагина А.А., Гуда А.Н., Цуриков А.Н.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, e-mail: tsurik7@yandex.ru

Статья посвящена разработке экспертной системы оценки стоимости подержанных автомобилей. В качестве целевой марки и модели автомобиля выбран «Rapid» известного чешского производителя «Skoda». В работе осуществлена математическая постановка задачи определения стоимости автомобиля в виде задачи классификации. Для решения задачи предложено использовать технологию искусственных нейронных сетей. В качестве искусственной нейронной сети, подлежащей обучению, использован универсальный классификатор типа «многослойный персептрон» с двумя скрытыми слоями. В качестве средства моделирования нейронной сети применяется программа-нейропакет «NeuroSolutions». Определены входные и выходные параметры обучаемой искусственной нейронной сети. Сбор статистики для обучения искусственной нейронной сети осуществлен на российских интернет-сайтах, специализирующихся на продаже и покупке подержанных автомобилей, в частности на auto.ru. В итоге созданная система способна решить представленную задачу с достаточной степенью точности. Создан файл динамически подключаемой библиотеки DLL, содержащий искусственную нейронную сеть, прошедшую процесс обучения. Для взаимодействия с DLL-модулем разработано приложение на языке C++ (в Visual Studio) с интерфейсом пользователя. В статье рассмотрены перспективы внедрения результатов исследования. Проанализированы пути повышения качества работы созданной системы. Система может применяться для сервис-ориентированной оценки автомобилей.

Ключевые слова: задача классификации, искусственная нейронная сеть, многослойный персептрон, обучение нейронной сети, оценка стоимости, подержанный автомобиль, «Шкода Рапид», экспертная система

THE APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR VALUATION OF USED CARS

Gamagina A.A., Guda A.N., Tsurikov A.N.

Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, e-mail: tsurik7@yandex.ru

The article is devoted to the development of an expert system of valuation of used cars. As the target brand and model of the car chosen «Rapid» known Czech manufacturer «Skoda». The paper presents a mathematical formulation of the problem of determining the value of the car in the form of the classification problem. The technology of artificial neural networks is proposed to use for solve the problem. As an artificial neural network to be trained, a universal classifier of the «multilayer perceptron» type with two hidden layers was used. The «NeuroSolutions» neuropackage program is used as the neural network modeling tool. The input and output parameters of the artificial neural network are determined. Collection of statistics for the training of artificial neural network carried out on the Russian Internet sites specializing in the sale and purchase of used cars, in particular auto.ru. As a result, the created system is able to solve the presented problem with a sufficient degree of accuracy. A dynamic-link library (DLL) module is generated that contains a trained neural network. To work with the DLL-module was written software application in C++ (Visual Studio) with a user interface. The article discusses the prospects of implementing the results of the study. The ways of improving the quality of the created system are analyzed. The system can be used for service-oriented evaluation of cars.

Keywords: classification problem, artificial neural network, multilayer perceptron, training of neural network, valuation, used car, «Skoda Rapid», expert system

Технология искусственных нейронных сетей (ИНС) в наши дни получила широкое распространение [1, 2]. Практически ежедневно поступают сообщения о новых областях успешного применения ИНС, создании программных продуктов и устройств на их основе.

В связи с этим большой интерес представляет изучение возможностей применения ИНС и машинного обучения при создании современных сервис-ориентированных программных продуктов, особенно если решаемые ими задачи можно свести к решению задач классификации, с которыми, как известно, ИНС умеют успешно справляться [3, 4].

Одной из них является задача оценки подержанных автомобилей, а именно – определение цены конкретного экземпляра транспортного средства. Цена – количество денег, в обмен на которые продавец согласен продать товар [5].

Об использовании ИНС в области определения цен известно, но аналогичные сервисы (с использованием элементов машинного обучения) пока немногочисленны и находятся в стадии разработки или тестового запуска [6]. Тема имеет важность в связи с расширением количества интернет-площадок, увеличением доли сделок с бывшими в употреблении авто, снижением спроса на новые машины из-за сложной ситуации в экономике.

Цель исследования: изучение возможности применения искусственной нейросети в программных сервисах, предназначенных для приблизительной оценки цены поде-

ржанных автомобилей отдельно выбранной марки и модели по ряду характеристик.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования необходимо: определить марку и модель автомобиля, подобрать источник данных для обучения ИНС, выбрать средства моделирования и обучения ИНС, осуществить математическую постановку задачи, определить архитектуру ИНС, количество слоев и нейронов. Эти и другие пункты будут раскрыты ниже подробнее.

Выбор модели и марки автомобиля

Решено выбрать в качестве целевой марки и модели – «Рапид» (*Rapid*) чешского производителя «Шкода» (*Skoda*), входящего в концерн «Фольксваген» (*Volkswagen*).

Выбор обусловлен рядом причин. Модель довольно популярна на рынке, появилась относительно недавно (2012–2014 гг.), но при этом выпускается достаточное время, чтобы на площадках по продаже авто могло появиться достаточное количество объявлений.

Ранее автомобили с таким названием не производились (модели 1935 и 1984 г. можно не учитывать, на рынке их практически нет). За время производства (6 лет) *Rapid* не происходило смены поколений, был проведен лишь ряд рестайлингов, существенно не повлиявших на внешний вид и техническое оснащение автомобиля [7].

Автомобили, собираемые в Чехии, России, Украине и Казахстане, почти не имеют отличий. Кузов автомобиля представлен практически единственным вариантом – лифтбек.

Технически все автомобили имеют три варианта коробок передач (механическая, автоматическая, роботизированная *DSG*) и двигателей (атмосферные – объем 1,6 л (90 л.с. или 110 л.с.), а также турбированный – объем 1,4 л, 125 л.с.). Ранее выпускались автомобили с двигателями 105 и 122 л.с., которые присутствуют на вторичном рынке [8].

Таким образом, *Rapid* – идеальный вариант для классификации на начальном этапе применения ИНС, поэтому данный автомобиль и будет использоваться в нашей работе.

Источник данных для обучения ИНС

В настоящее время в интернете можно обнаружить большое количество сайтов, специализирующихся на продаже и покупке подержанных автомобилей. Нами были изучены следующие ресурсы: *auto.ru*, *drom.ru*, *car.ru*, *genser.ru* и автомобильный раздел сайта *avito.ru*.

В итоге остановим свое внимание на старейшем и крупнейшем в России сайте *auto.ru* и на портале *drom.ru*. Статистика по автомобилям исследуемой модели, характеристикам и связанной с ними цене собрана с этих сайтов.

На *auto.ru* размещено свыше 500000 объявлений о продаже подержанных автомобилей. При этом объявлений о продаже *Skoda Rapid* – около 3 тысяч по всем регионам.

Сбор статистики осуществлялся с сайтов в ручном режиме в течение одной недели в ноябре 2017 г. среди объявлений, опубликованных в ряде географически близких регионов на юге России (Ростов-на-Дону + 500 км). Результаты обрабатывались с использованием табличного процессора *Microsoft Excel*.

Средства моделирования и обучения ИНС

В качестве средства моделирования ИНС выбрано использование программы-нейропакета – программного продукта, позволяющего создавать и обучать ИНС, эмулируя их поведение на обычном персональном компьютере.

В качестве альтернатив были рассмотрены инструменты: *NeuroSolutions*, *Process Advisor*, *NeuralWorks Professional II*, *BrainMaker Pro*, *NeuroShell*, *MatLab + Neural Network Toolbox*.

Каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками, которые подробно описаны в статьях [9, 10]. Для работы был выбран *NeuroSolutions* компании *NeuroDimension*.

Математическая постановка задачи

Математическая постановка задачи определения стоимости практически аналогична постановке задачи классификации [3]. Задача формулируется как задача классификации, где G = [пробег, возраст, мощность двигателя, тип коробки передач] – множество параметров отдельно взятого автомобиля, $Q = \{A, B, C, D, E, F\}$ – диапазон изменения цен. Есть некое отображение g^*: $G \to Q$, его значения известны на примерах выборки $G_j = \{(g_1, q_1),...,(g_j, q_j)\}$. Надо создать систему β: $G \to Q$, которая сможет верно классифицировать любой экземпляр автомобиля $g \in G$.

Определение входных и выходных параметров

Воспользуемся сайтом по продаже подержанных автомобилей *auto.ru* (рис. 1).

Рис. 1. Объявление о продаже Skoda Rapid на сайте auto.ru

Можно заметить, что цена главным образом определяется по четырем основным параметрам: пробег, мощность двигателя, тип коробки передач, год выпуска (возраст автомобиля). Их мы и выберем в качестве входов ИНС.

Определим следующие диапазоны изменения входных переменных. Пробег – от 100 до 750000 км. Мощность двигателя – 75, 90, 105, 110, 122 и 125 л.с. Тип коробки передач – AMT, AT, MT. На момент исследования для продажи на автомобильных рынках находились автомобили с 2014 по 2017 г., т.е. возраст автомобиля исчисляется от 1 года до 4 лет.

Так как работа направлена на определение цены подержанного автомобиля, выходной переменной будет являться именно его цена. Изучив сайты отметим, что минимальная цена на *Skoda Rapid* приблизительно равна 400000 рублей. Максимальная цена на сайтах за *Rapid* – приблизительно 1 млн руб.

Диапазон изменения цен на автомобиль от 400000 до 1000000. Разделим данный диапазон на 6 условных отрезков по 100000, которые и будут являться выходными параметрами.

Таким образом, принимая вектор признаков из четырех параметров G = [пробег, мощность двигателя, тип коробки передач, возраст автомобиля], обученная ИНС должна классифицировать автомобиль g∈G путем отнесения его к одному из 6 диапазонов цен $Q = \{A, B, C, D, E, F\}$, где A = 400000 – 500000; B = 500000 – 600000; C = 600000 – 700000; D = 700000 – 800000; E = 800000 – 900000; F = 900000 – 1000000 (цена в рублях).

Архитектура и тип ИНС

В качестве ИНС используем универсальный классификатор типа «многослойный персептрон» [2, 11]. Вектор признаков состоит из четырех параметров, поэтому во входном слое 4 нейрона. Количество нейронов в выходном слое равно количеству классов, т.е. 6. В ИНС применим 2 скрытых слоя.

Известно, что можно определить число элементов в скрытом слое ИНС, при условии, что такой слой только один [12]. Это можно сделать по уравнению

$$M_S = 2 \bullet M_x + 1, \quad (1)$$

где M_x – число нейронов входного слоя,
M_S – число нейронов в скрытом слое.

У нас, $M_x = 4$, поэтому вычисляем: $M_S = 2 \bullet 4 + 1 = 9$.

Если в персептроне больше одного слоя, число нейронов можно определить эмпирически [2, 11, 12]. Разместим 8 и 4 нейрона в первом и втором скрытых слоях соответственно, что суммарно больше оценки, полученной по формуле (1).

Функция гиперболического тангенса *th* служит функцией активации нейронов скрытых слоев персептрона Z:

$$Z(Ax_{lin}) = th(Ax_{lin}) =$$

$$= \frac{Sh(Ax_{lin})}{Ch(Ax_{lin})} = \frac{e^{Ax_{lin}} - e^{-Ax_{lin}}}{e^{Ax_{lin}} + e^{-Ax_{lin}}}, \quad (2)$$

где x_{lin} – сигнал линейной части искусственного нейрона, A – параметр сдвига.

Обучающие примеры

Чтобы определить необходимое число К обучающих примеров для корректного обучения ИНС методом «с учителем», применим уравнение

$$K \geq \frac{w_C}{e}, \quad (3)$$

где w_c – число настраиваемых парметров ИНС,
$e \leq 1$ – приемлемое значение ошибки.

Число K берут чуть больше, как минимум на 5 % от определенного в (3).

У нас: $e \approx 0{,}15$, $w_c \approx 90$, определяем $K \geq 600$. Полученное число увеличиваем на 5 %: $K = 630$ (шт.).

Необходимое количество примеров с сайтов *auto.ru* и *drom.ru* внесем в файл, который нужен для работы *NeuroSolutions*, выполнив преобразования данных.

Обучение ИНС и анализ полученных результатов

Произведем моделирование ИНС в пакете *NeuroSolutions* в режиме «Нейроэксперт».

Количество векторов для экзаменационного и тестового наборов – 20 % от общего числа. Тестовый (*Cross validation*) набор применяется во избежание «переучивания» ИНС, экзаменационный (*Testing*) – для оценки качества работы.

Задав параметры ИНС, завершаем построение сети в *NeuroSolutions* (рис. 2).

Далее, запускаем процесс обучения нейронной сети. Всего используем 1000 эпох обучения. В результате кривая обучения (*Learning curve*) принимает вид, представленный на рис. 3.

Здесь CV – среднеквадратическая ошибка на тестовом наборе, T – среднеквадратическая ошибка на обучающих данных. Обе ошибки в процессе обучения нейронной сети уменьшаются. Хорошо видно, что кривые принимают горизонтальный вид на уровне чуть менее 0,2 уже после 170 эпох обучения. Таким образом ИНС обучена и может решить представленную ей задачу со среднеквадратической точностью около 80 %.

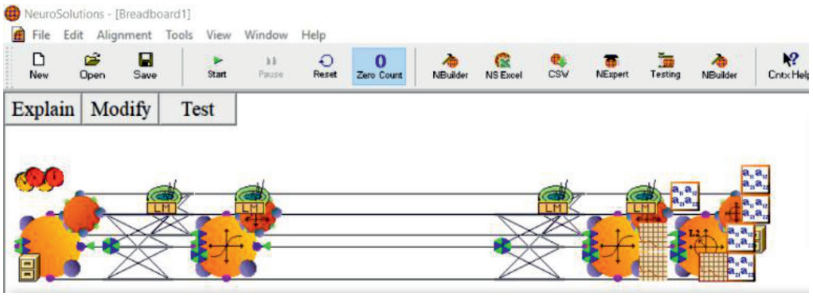


Рис. 2. Проект NeuroSolutions с созданной ИНС

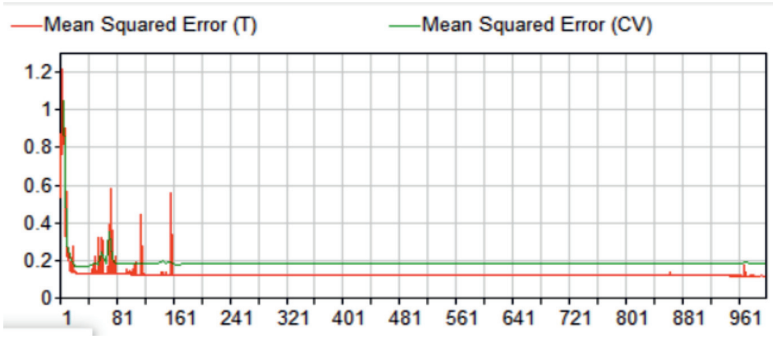


Рис. 3. Кривая обучения нейронной сети

Результаты исследования и их обсуждение

Протестируем ИНС на тестовых записях, в большинстве случаев ИНС успешно справляется с определением диапазона цены. Появление единицы в выходном векторе ИНС Q служит индикатором класса, к которому принадлежит вектор g_i.

Используемый нейропакет предоставляет средства определения общих результатов обучения ИНС на базе экзаменационного набора (*Testing*) и представления, что показано в таблице. Значения из этого набора не подавались на входы сети в процессе ее обучения и были предварительно зарезервированы в объеме 20 % от общего числа примеров. Таким образом, мы можем сымитировать работу ИНС в реальных условиях и оценить ее.

Итоги работы ИНС при подаче на ее входы экзаменационных данных

	A	B	C	D	E	F
A	61,77	35,29	2,94	0	0	0
B	3,73	84,47	11,18	0,62	0	0
C	0	32,5	59,17	5,83	2,5	0
D	0	6,67	37,78	44,44	8,89	2,22
E	0	0	12,5	25	56,25	6,25
F	0	0	0	0	0	100

Как видно из таблицы, наилучших результатов ИНС достигла при отнесении экземпляров автомобилей к ценовым диапазонам (классам) *F* и *B* (100 % и 84,47 % соответственно). Хуже всего дела обстоят с диапазоном *D*, где процент верных ответов составил всего 44,44 %. При этом значительную долю автомобилей этой категории (37,78 %) нейросеть отнесла к ближайшему (более дешевому) ценовому диапазону *C*.

С одной стороны, это может свидетельствовать о том, что часть автовладельцев неверно оценивает стоимость своих автомобилей при определении цены продажи. С другой стороны, для оценки авто могут иметь значение другие факторы, которые мы не подавали на вход ИНС. Например, наличие скрытых дефектов или проблемы с оформлением документов.

Для улучшения результатов часть из этих параметров может быть добавлена в качестве дополнительных входов ИНС, но здесь есть опасность усложнения системы при незначительном увеличении точности классификации. Добавление слишком большого числа признаков приводит к экспоненциальному росту [13, 14] числа опорных точек, которые требуются для описания пространства (так называемое «проклятие размерности»).

Разумеется, ошибки в определении цены будут встречаться даже при работе опытных экспертов. В целом представленный результат можно считать приемлемым. На результаты ИНС можно опираться при приблизительной оценке стоимости подержанного *Skoda Rapid*.

Возможность внедрения

Применяя интегрированные в нейропакет средства, сгенерируем *DLL*-модуль, в котором находится ИНС. Это дает возможность повторно применять ее в приложениях. Для работы с *DLL* написана программа в *Visual Studio* с интерфейсом пользователя (рис. 4). Использован язык *C++*.

Приложение может работать в двух режимах: получение от ИНС результатов (*Output*) и тренировка (*Training*). В режиме «*Output*» вручную вводятся данные, нажатие кнопки «Вычислить» выводит на экран один из возможных диапазонов цен. В режиме «*Training*» возможно дообучение ИНС и запуск нового процесса обучения с обнулением межсинаптических весов сети. Это дает возможность повышать точность работы нейросети при получении дополнительных данных.

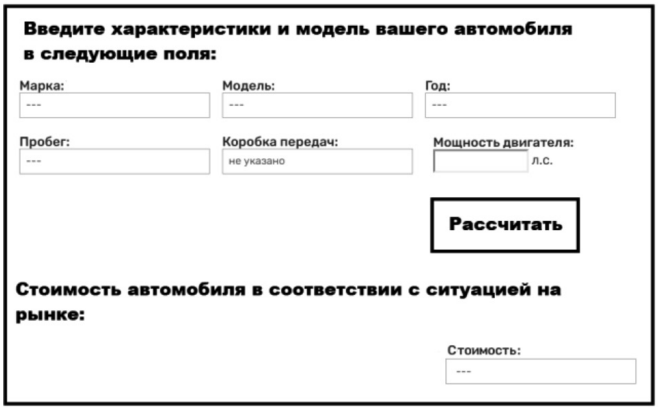


Рис. 4. Интерфейс программного приложения

В качестве предпочтительного варианта реализации сервиса следует рассматривать его внедрение на популярных интернет-площадках по продаже автомобилей в виде *Web*-сервиса, доступного пользователям в режиме онлайн через браузер.

Заключение

В результате проведенного исследования изучена возможность применения ИНС в программных сервисах, предназначенных для оценки стоимости подержанных автомобилей.

В качестве целевой марки и модели автомобиля выбран *Skoda Rapid*. Собраны обучающие примеры с сайтов *auto.ru* и *drom.ru* в количестве 630 шт. Представлена математическая постановка задачи, как задачи классификации. В качестве ИНС использован «многослойный персептрон» с двумя скрытыми слоями.

Произведено моделирование ИНС в *NeuroSolutions*. Проанализированы результаты работы ИНС, рассмотрены пути повышения качества ее работы и возможность внедрения. Нейросеть может использоваться для экономии времени и повышения удобства пользования.

Работа поддержана РФФИ, проекты: 18-08-00549-а, 17-07-00620-а, 19-01-00246-а, 19-07-00329-а.

Список литературы

1. Shukla N., Fricklas K. Machine learning with Tensorflow. Shelter Island: Manning Publications, 2018. 272 p.

2. Рашид Т. Создаем нейронную сеть. СПб.: ООО «Альфа-книга», 2017. 272 с.

3. Цуриков А.Н., Гуда А.Н., Карсян А.Ж. Теоретические основы интеллектуализации решения задач классификации в слабоформализуемых предметных областях // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 1. С. 90–93.

4. Джоши П. Искусственный интеллект с примерами на Python. СПб.: ООО «Диалектика», 2019. 448 с.

5. Vianello F. Natural (or normal) prices. Some pointers. Political economy. Studies in the surplus approach. 1989. Vol. 5. no. 2. P. 89–105.

6. Хабибрахимов А. «Авто.ру» запустил бесплатный сервис для оценки стоимости автомобиля [Электронный ресурс]. URL: https://vc.ru/transport/29899-avto-ru-zapustil-besplatnyy-servis-dlya-ocenki-stoimosti-avtomobilya (дата обращения: 12.06.2019).

7. Skoda Rapid (2012) [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/%C5%A0koda_Rapid_(2012) (дата обращения: 14.06.2019).

8. «Skoda Auto Россия» – официальный сайт марки Шкода [Электронный ресурс]. URL: http://www.skoda-avto.ru (дата обращения: 15.06.2019).

9. Гамагина А.А., Цуриков А.Н. Программы для моделирования искусственных нейронных сетей: преимущества и недостатки // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России: сборник научных трудов. 2018. С. 37–39.

10. Цуриков А.Н. Применение программ-нейропакетов для решения практических задач // Инженер. 2012. № 5. С. 6.

11. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.

12. Tsurikov A.N., Guda A.N. Practical application of the original method for artificial neural network's training. Advances in intelligent systems and computing. 2018. Vol. 679. P. 84-93. DOI: 10.1007/978-3-319-68321-8_9.

13. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. СПб.: Питер, 2018. 400 с.

14. Haykin S. Neural networks: A comprehensive foundation. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1999. 864 p.

УДК 656.075:51-74

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСА СТРЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Горелик А.В., Дорохов В.С., Орлов А.В., Смагин Ю.С.

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Москва, e-mail: gatsroat@yandex.ru

Стрелочные электроприводы (СЭ) – это устройства массового применения в железнодорожной автоматике ОАО «РЖД». Важной задачей является оценка динамики их состояния во времени по данным технической диагностики и результатам осмотров, извлекаемых из информационных систем. С учетом того, что довольно значительная часть СЭ в ОАО «РЖД» функционирует с продлением срока службы, более важной является оценка на основе динамики технического состояния их остаточного ресурса. В статье предложен статистический метод индивидуальной оценки остаточного ресурса каждого обследуемого СЭ, так как техническое состояние и его динамика, наработка, а также характеристики предельного состояния каждого из них в существенной мере зависят от условий эксплуатации. В качестве исходных данных для оценки остаточного ресурса СЭ используются данные о событиях разного уровня критичности с точки зрения надежности его функционирования: об отступлениях от норм содержания, о предотказных состояниях и отказах. Оценка остаточного ресурса базируется на анализе регрессионного тренда, построенного взвешенным методом наименьших квадратов (взвешенным МНК), модифицированным для снижения чувствительности к специфическому поведению регистрируемых статистических данных и учета характера динамики состояния стрелочного электропривода. На описывающих типичную статистическую совокупность, извлекаемую из информационных систем, моделированных данных приведена сравнительная характеристика предложенного метода построения тренда с классическим МНК. Метод может использоваться для получения уточненных точечных оценок индивидуального остаточного ресурса стрелочных электроприводов в конкретных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: остаточный ресурс, стрелочные электроприводы, хозяйство автоматики и телемеханики, ключевой показатель, предельное состояние, регрессионный тренд

STATISTICAL EVALUATION OF THE ELECTRIC SWITCH MECHANISM RESOURCE

Gorelik A.V., Dorokhov V.S., Orlov A.V., Smagin Yu.S.

Federal State Institution of Higher Education «Russian University of Transport», Moscow, e-mail: gatsroat@yandex.ru

Electric switch mechanisms (ESM) are devices of massive use in railway automation of JSC Russian Railways. An important task is to assess dynamic of their state in time according to the technical diagnostics data and the results of inspections extracted from the information systems. Taking into account the fact that a rather significant part of the ESM at JSC Russian Railways operates with lifetime extension, it is more important to assess technical state dynamics of their residual resource. The article provides a statistical method of individual evaluation of the residual resource of each inspected ESM, since the technical condition and its dynamics, the operating time and the limiting state of each one of them depends crucially on the operating conditions. As input for evaluation of the ESM's residual resource, the data on the events of different critical levels in terms of functioning reliability is used: on the deviations from the maintenance standards, on the pre-failure conditions and on the failures. Residual resource assessment is based on the analysis of a regression trend, constructed by the weighted least-squares method (weighted LSM) which is modified to reduce instability to the specific behavior of the recorded statistical data and to take into account the characteristics of ESM's state dynamics. The article provides a comparative analysis of the proposed method of constructing a trend with the classical LSM, applied to the simulated statistical data that describes the typical aggregated data, extracted from the information systems. The method can be used to obtain the refined point estimation of the individual residual resource of electric switch mechanisms that operate in the specific conditions.

Keywords: residual resource, electric switch mechanisms, automation and remote control systems, key indicator, limiting state, regression trend

На сети железных дорог ОАО «РЖД» в эксплуатации находится более 120 тыс. стрелочных электроприводов (СЭ) различных типов. По большей части это устаревшие СЭ типа СП-6М и СП-6, которые составляют приблизительно 68% и 19% соответственно от общего числа. По данным ОАО «РЖД» за 2018 г. именно на СЭ вышеупомянутых типов приходится наибольшее число отказов, четверть из которых носят деградационный характер. СЭ являются дорогостоящими устройствами железнодорожной автоматики с продолжительным назначенным сроком службы. По истечении назначенного срока службы СЭ, как и другая аппаратура, должен подлежать списанию и утилизации, однако часто имеет место продление срока эксплуатации. Сложившаяся практика обусловлена дефицитом ресурсов компании ОАО «РЖД», который привел к невозможности реализации регламентного метода технического обслуживания. В частности, оказалось невозможным выполнять в полном объеме и в установленные сроки все необходимые работы по техническому обслуживанию и ремонту, а также проводить массовую замену аппаратуры, выработавшей назначенный срок службы.

В связи с этим в настоящее время компания меняет концепцию технической эксплуатации инфраструктуры в сторону рационализации расходов. На протяжении ряда лет внедряется методология управления ресурсами, рисками и анализа надежности, или УРРАН [1], которая базируется на разработанной для европейских железных дорог методологии RAMS [2]. В основе подхода, воплощаемого в методологии УРРАН применительно к инфраструктуре, лежит адресное распределение ресурсов по фактической потребности с одновременной минимизацией стоимости жизненного цикла аппаратуры.

Потребность в ресурсах определяется на основе диагностики состояния аппаратуры. В связи с необходимостью принятия решений по реализации различных мероприятий на основе фактического состояния аппаратуры и вышеуказанными проблемами технической эксплуатации непрерывная техническая диагностика и периодические осмотры приобретают особую важность. В настоящее время в компании применяется большое количество систем технической диагностики, а также иных информационных систем, в которых регистрируют различные данные о функционировании аппаратуры. Однако используются эти данные не в полной мере, так как они локализуются в своих информационных системах, представляются в разных видах и прирастают высокими темпами. В связи с этим особый интерес специалистами компании проявляется в направлении предиктивной аналитики [3]. В полной мере это относится к СЭ. Их состояние часто контролируется той или иной системой технической диагностики и мониторинга (СТДМ), выявляющей помимо прочего предотказные состояния. Если в СЭ происходят отказы, то они фиксируются в системах КАСАНТ и АСУ-Ш-2; результаты комиссионных осмотров в виде отступлений от норм содержания фиксируют в системе ЕК АСУИ. Эти сведения, представляющие собой преимущественно статистические данные, в совокупности позволят определять фактическое состояние каждого СЭ и динамику его изменения, а следовательно, с их использованием можно попытаться дать индивидуальную оценку остаточного ресурса до достижения предельного состояния, что с учетом вышесказанного актуально для реализации методологии УРРАН. Однако различные данные по-разному характеризуют состояние СЭ.

В настоящей статье предлагается метод индивидуальной точечной оценки остаточного ресурса СЭ, впервые позволяющий обобщить статистические данные из различных источников.

Метод оценки остаточного ресурса СЭ базируется на взвешенном методе наименьших квадратов (взвешенном МНК), где веса определяются с учетом специфики хранимых в разных информационных системах статистических данных.

Следует отметить, что ранее предпринимались попытки оценки остаточного ресурса [4]. Вместе с тем ранее применялся классический МНК, приводивший к существенным отклонениям оценок остаточного ресурса при наличии «промахов». Кроме того, метод применялся целиком для систем железнодорожной автоматики и телемеханики, а не для аппаратуры.

Цель исследования: разработка метода для получения уточненных точечных оценок остаточного ресурса СЭ.

Основными задачами являются:

– разработка математической модели, обобщающей статистические данные из разных информационных систем;

– формирование регрессионного тренда взвешенным МНК для оценки динамики состояния СЭ;

– формирование критерия остаточного ресурса СЭ.

Метод оценки остаточного ресурса стрелочных электроприводов

Исходные данные представляют собой моменты наступления различных событий с СЭ: отказов, предотказных состояний и отступлений от норм содержания СЭ. События происходят формально в случайные моменты времени. Формат данных единообразен для всех категорий событий, поэтому для удобства все перечисленные случайные события будем называть общим термином «событие».

В качестве ключевого показателя при оценке остаточного ресурса предлагается использовать частоту событий, вычисляемую на основе данных о моментах их регистрации. В этом случае исходные данные о различных событиях для оценки остаточного ресурса конкретного типа СЭ по частоте событий можно представить кортежем вида

$$R = < x_j, z_j, s_j, t_{\text{соб } j}, n_{\text{соб } ij} \mid \; j = 1,...,N; i = 1,...,3, > \qquad (1)$$

где x_j – инвентарный номер СЭ;

z_j – двоичный оператор, учитывающий год эксплуатации (1 – последний год до прекращения эксплуатации, 0 – не последний год до прекращения эксплуатации);

s_j – условный номер года начала отсчета при формировании статистической совокупности данных о событиях (используется сквозная нумерация от 1 (год начала наблюдения) до m (год окончания наблюдения);
$t_{\text{соб}\,i}$ – время регистрации события с начала наблюдения, выраженное в часах;
$n_{\text{соб}\,ij}$ – количество зарегистрированных событий в момент времени $t_{\text{соб}\,j}$;
i – уровень критичности (приоритета) события;
N – мощность кортежа событий.

Моменты наступления событий $t_{\text{соб}}$ следует упорядочить в порядке регистрации во времени от более ранних событий к более поздним по индексу j.

Уровень критичности для событий вида «отступления от норм содержания» и «предотказные состояния» определяют в соответствии с утвержденными в хозяйстве автоматики и телемеханики классификаторами.

На основе кортежа (1) формируют кортеж для определения значения частоты событий, соответствующей предельному состоянию СЭ:

$$R = < x_j, s_j, t_{\text{соб}\,j}, n_{\text{соб}\,ij} \mid j = 1,...,N;\ i = 1,...,3,\ z_j = 1 > . \tag{2}$$

Уровень приоритета (критичности) событий предлагается учитывать соотношением

$$\delta_{\text{соб}\,k} = \frac{1}{k^r}, \tag{3}$$

где r – коэффициент приоритета (критичности) событий (натуральное число, рекомендуемое значение $r = 2$).

Для каждого элемента кортежей (1) и (2) выполняют расчет результирующей частоты событий по формуле

$$f_{\text{соб}\,j} = \sum_{k=1}^{2} \delta_{\text{соб}\,k\,j} \cdot f_{\text{соб}\,k\,j},\ 1/\text{ч}, \tag{4}$$

а также интервала между событиями:

$$T_{\text{соб}\,j} = \min\{T_{\text{соб}\,k\,j} \mid k = 1, 2\},\ \text{ч}. \tag{5}$$

После обработки с помощью формул (3)–(5) кортежа (1) формируют кортеж, используемый для построения регрессионного тренда, описывающего динамику ключевого показателя различных СЭ определенного типа во времени:

$$R_{\text{соб}} = < x_j, s_j, t_{\text{соб}\,j}, T_{\text{соб}\,j}, f_{\text{соб}\,j} \mid j = 1,..., N;\ i = 1,...,3, z_j = 0 > . \tag{6}$$

Результаты расчета реализаций частоты событий, выполненных на основе кортежа (2) и характеризующих предельное состояние СЭ, описывают кортежем вида

$$R_{\text{пред}} = < s_j, t_{\text{пред}\,j},\ T_{\text{пред}\,j}, f_{\text{пред}\,j} \mid j = 1,...,N;\ i = 1, ..., 3, z_j = 1 >, \tag{7}$$

где $t_{\text{пред}\,j}$ – время события с начала наблюдения ($t_{\text{пред}\,j} = t_{\text{соб}\,j} \mid z_j = 1$);
$T_{\text{пред}\,j}$ – интервал времени между событиями ($T_{\text{пред}\,j} = T_{\text{соб}\,j} \mid z_j = 1$);
$f_{\text{пред}\,j}$ – результирующая частота событий ($f_{\text{пред}\,j} = f_{\text{соб}\,j} \mid z_j = 1$).

Таким образом, формируется единая совокупность реализаций частоты различных событий с СЭ.

Далее на основе данных, представленных в виде кортежа (6), для каждого x_j СЭ выполним построение линейного тренда.

Оценку текущего технического состояния СЭ и прогноз динамики его изменения предлагается осуществлять путем построения регрессионного тренда [5]. Для этого по указанным ранее причинам используем взвешенный метод наименьших квадратов, где вес каждой точки данных определяется давностью точки во времени и ее локальным отклонением от общей совокупности. Последнее является важным, так как в регистрируемых информационными системами статистических данных иногда встречаются значительные «промахи» (выбросы), существенно ухудшающие точность построения тренда обычным методом наименьших квадратов.

Общее уравнение зависимости фактического значения частоты событий, произошедших с конкретным СЭ, от времени имеет вид

$$\tilde{f}_{\text{соб}}(t) = a \cdot t + b,\ 1/\text{ч}. \quad (8)$$

Коэффициенты a и b – параметры тренда.

Для расчета коэффициентов используем формулы взвешенного метода наименьших квадратов вида

$$a = \frac{M_{xy} - M_x \cdot M_y}{M_{x^2} - (M_x)^2}, \quad (9)$$

$$b = M_y - \frac{M_{xy} - M_x \cdot M_y}{M_{x^2} - (M_x)^2} \cdot M_x, \quad (10)$$

где $M_{xy}, M_{x^2}, M_x, M_y$ – коэффициенты, определяемые на основе статистических данных из кортежа (6) по формулам

$$M_{x^2} = \frac{\sum_{j=1}^{N} \omega_j \cdot t_{\text{соб}\,j}^2}{\sum_{j=1}^{N} \omega_j}, \quad (11)$$

$$M_x = \frac{\sum_{j=1}^{N} \omega_j \cdot t_{\text{соб}\,j}}{\sum_{j=1}^{N} \omega_j}, \quad (12)$$

$$M_{xy} = \frac{\sum_{j=1}^{N} \omega_j \cdot t_{\text{соб}\,j} \cdot f_{\text{соб}\,j}}{\sum_{j=1}^{N} \omega_j}, \quad (13)$$

$$M_y = \frac{\sum_{j=1}^{N} \omega_j \cdot f_{\text{соб}\,j}}{\sum_{j=1}^{N} \omega_j}. \quad (14)$$

Расчет параметров тренда осуществим в два этапа:

– предварительная грубая оценка;

– окончательная уточненная оценка.

Для грубой оценки параметров тренда уравнение (8) представим в виде

$$\tilde{f}_{\text{соб гр}}(t) = a_{\text{гр}} \cdot t + b_{\text{гр}},\ 1/\text{ч}. \quad (15)$$

При данной оценке в выражениях (11)–(14) установим значения коэффициентов ω_j равными единице: $\omega_j = 1 \mid j = 1...N$.

Для окончательной уточненной оценки (по формуле (8)) параметров тренда $f_{\text{соб}}(t)$ выполним расчет весовых коэффициентов ω_j по формуле:

$$\omega_j = \left[R - (f_{\text{соб}\,j} - \tilde{f}_{\text{соб гр}\,j})^2 + \frac{F}{c} \right] \cdot \frac{1}{(f - s_j)}, \quad (16)$$

$$R = \max \{ (f_{\text{соб}\,j} - \tilde{f}_{\text{соб гр}\,j})^2 \mid j = 1...N \}, \quad (17)$$

$$F = \frac{\sum_{j=1}^{N} (f_{\text{соб}\,j} - \tilde{f}_{\text{соб гр}\,j})^2}{N}, \quad (18)$$

где f – количество лет, входящих в интервал наблюдения;

c – коэффициент, подбираемый опытным путем;

N – объем статистической совокупности событий в таблице.

Допустимое значение частоты событий, характеризующее наступление предельного состояния СЭ $f_{\text{пред}}$, вычислим по элементам кортежа (7), удовлетворяющим условию $s_j = 1$:

$$f_{\text{пред}} = \frac{\sum_{j=1}^{M} f_{\text{пред}\,j} \{ s_j = 1 \}}{M},\ 1/\text{ч}, \quad (19)$$

где M – объем статической совокупности с $s_j = 1$ в кортеже (7).

Критерий предельного состояния имеет вид

$$Z = \begin{cases} \tilde{f}_{\text{соб}}(t) < f_{\text{пред}} \Rightarrow 0; \\ \tilde{f}_{\text{соб}}(t) \geq f_{\text{пред}} \Rightarrow 1, \end{cases} \quad (20)$$

где при $Z = 0$ – состояние СЭ не является предельным, при $Z = 1$ – состояние СЭ является предельным.

Остаточный ресурс будем рассматривать как интервал времени, по истечении которого СЭ из текущего состояния перейдет в предельное, если предельное состояние на настоящий момент времени еще не достигнуто.

Для оценки остаточного ресурса СЭ, прежде всего, определим момент на шкале времени тренда, от которого потребуется проводить оценку остаточного ресурса [4]:

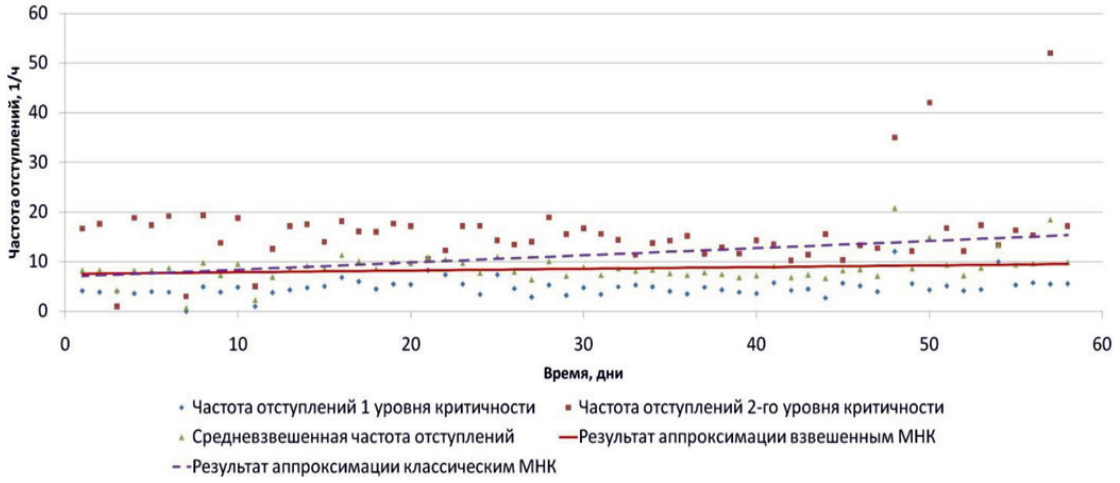
$$t_{\text{оц}} = t_{\text{соб}\,N} + t_{\text{отч}},\ \text{ч}, \quad (21)$$

где $t_{\text{соб}\,N}$ – момент события, соотнесенный с последним элементом кортежа (6);

$t_{\text{отч}}$ – интервал времени от момента фиксации последнего события $t_{\text{соб}\,N}$ до момента времени, когда выполняется расчет остаточного ресурса, ч.

Оценку остаточного ресурса СЭ в часах выполним по формуле

$$T_{\text{ост(ч)}} = \begin{cases} b_{\text{рез}} \le f_{\text{пред}};\ a_{\text{рез}} \le 0 \Rightarrow 26280; \\ b_{\text{рез}} < f_{\text{пред}};\ a_{\text{рез}} > 0 \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{f_{\text{пред}} - b_{\text{рез}}}{a_{\text{рез}}} - t_{\text{оц}} > 0 \Rightarrow \dfrac{f_{\text{пред}} - b_{\text{рез}}}{a_{\text{рез}}} - t_{\text{оц}}; \\ \dfrac{f_{\text{пред}} - b_{\text{рез}}}{a_{\text{рез}}} - t_{\text{оц}} \le 0 \Rightarrow 0; \end{cases} \\ b_{\text{рез}} > f_{\text{пред}};\ a_{\text{рез}} > 0 \Rightarrow 0; \\ b_{\text{рез}} > f_{\text{пред}};\ a_{\text{рез}} < 0 \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{f_{\text{пред}} - b_{\text{рез}}}{a_{\text{рез}}} - t_{\text{оц}} > 0 \Rightarrow \dfrac{f_{\text{пред}} - b_{\text{рез}}}{a_{\text{рез}}} - t_{\text{оц}}; \\ \dfrac{f_{\text{пред}} - b_{\text{рез}}}{a_{\text{рез}}} - t_{\text{оц}} \le 0 \Rightarrow 0. \end{cases} \end{cases} \quad (22)$$



Регрессионные тренды, построенные классическим и взвешенным МНК

Так как мероприятия по замене и капитальному ремонту оборудования в компании планируют на следующий по отношению к текущему календарный год, то остаточный ресурс выразим количеством календарных лет до достижения предельного состояния:

$$T_{\text{ост(лет)}} = \frac{T_{\text{ост(ч)}}}{8760}, \text{ лет.} \quad (23)$$

С целью оценки эффекта от применения взвешенного МНК по схеме (16), (17) была выполнена апробация метода на моделированных данных.

Апробация метода

В качестве моделированных данных использовались нормально распределенные реализации отступлений от норм содержания и предотказных состояний с уровнями критичности 1 и 2. Для событий 1ого уровня критичности параметры распределения были следующие: математическое ожидание – 5 1/ч, стандартное отклонение – 1 1/ч; для событий 2-го уровня критичности: математическое ожидание – 6 1/ч, стандартное отклонение – 3 1/ч. Дополнительно были подсеяны «промахи» для неблагоприятного случая.

На рисунке представлен результат построения регрессионного тренда различными модификациями метода наименьших квадратов на основе моделированных данных для наихудшего случая.

Для количественной оценки качества обоих трендов вычислялось остаточное стандартное отклонение. Результат представлен в таблице.

Сравнительная характеристика трендов, построенных классическим и взвешенным МНК

	Взвешенный МНК	Классический МНК
Без удаления промахов	2,1	3,0
После удаления промахов	0,9	2,3

Как видно из рисунка, регрессионный тренд, построенный взвешенным методом наименьших квадратов на основе взвешенных значений результирующей частоты событий, существенно менее чувствителен к выбросам в статистических данных и учитывает специфику данных об отказах, отступлениях от норм содержания и предотказных состояниях СЭ, когда интервалы между отдельными событиями могут быть очень малы.

Заключение

Разработанный метод позволяет получать более точные оценки остаточного ресурса, по сравнению с классическим МНК. В то же время его реализация требует бóльших вычислительных ресурсов, поэтому целесообразность и объем применения предложенного метода должны определяться техническими возможностями информационных систем. В дальнейшем по мере их развития будет представлять интерес интервальная оценка остаточного ресурса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (номер гранта: 17-20-03072, код: офи-м-РЖД).

Список литературы

1. Замышляев А.М. Прикладные информационные системы управления надежностью, безопасностью, рисками и ресурсами на железнодорожном транспорте. Ульяновск: Областная типография «Печатный двор», 2013. 143 с.

2. Mun Gyu Park. RAMS management of railway systems: Ph.D. thesis. Birmingham. 2013. 260 p.

3. Lakshay Swani, Prakita Tyagi. Predictive Modelling Analytics through Data Mining. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2017. Vol. 4. Issue 9. P. 5–11.

4. Безродный Б.Ф., Голубев А.С., Болотский Д.Н., Орлов А.В. К проблеме оценки остаточного ресурса объектов железнодорожной автоматики и телемеханики // Надежность и качество сложных систем. 2014. № 2. С. 34–40.

5. Draper N.R., Smith H. Applied Regression Analysis, 3rd ed. N.Y.: John Wiley & Sons, 1998. 705 p.

УДК 621.791.725

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ИЗ СТАЛИ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

[1]Гоц А.Н., [2]Гусев Д.С., [1]Гуськов В.Ф., [1]Люхтер А.Б.

[1]ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: hotz@mail.ru;
[2]ООО «ИЦ при ВлГУ», Владимир, e-mail: gusev@laser33.ru

В статье предложена методика расчета на долговечность алюминиевых панелей, соединенных со стальным каркасом лазерной сваркой с учетом остаточных напряжений, возникающих при сварке, а также под действием инерционных нагрузок, возникающих при ускорении и торможении транспортного средства во время движения по дорогам общего пользования. В предложенной блок-схеме предлагаемой методики описан процесс расчета от выбора способа соединения алюминиевых панелей со стальным каркасом до прогнозирования долговечности конструкции. При выборе типа соединения показано, что при соединении лазерной сваркой облицовочных алюминиевых панелей со стальным каркасом возникают минимальные остаточные напряжения, что повышает долговечность конструкции. На контрольных образцах проведены исследования температурных полей для уточнения граничных условий движущегося источника теплоты, а также прочностных характеристик сварных соединений, что позволило провести расчет методом конечных элементов теплового напряженно-деформированного состояния контрольных образцов после сварки. Параллельно проводилось экспериментальное определение деформации листов в процессе сварки. Полученные результаты численного расчета на контрольных образцах теплового напряженно-деформированного состояния после проверки перенесены на сварную конструкцию. Для расчета напряженно-деформированного состояния составной конструкции в эксплуатации проводилось измерение ускорения транспортного средства при торможении и ускорении во время движения по дорогам общего пользования. Так как нагружение кузовов транспортного средства инерционными силами является случайным, то в расчетах реальный характер изменения ускорения от начала движения до остановки заменяется схематизированным. Полученные исходные данные позволяют провести расчет на долговечность элементов кузовов транспортного средства на действие переменного нагружения инерционными силами с использованием, например, гипотезы Кортена – Долана.

Ключевые слова: алюминиевая панель, стальной каркас, лазерная сварка, температурное поле, граничные условия, амплитудное напряжение, эквивалентные напряжения, долговечность

METHOD OF CALCULATION OF THE DURABILITY OF THE CONSTITUENT ELEMENTS OF VEHICLE BODIES MADE OF STEEL AND ALUMINUM ALLOYS

[1]Gots A.N., [2]Gusev D.S., [1]Guskov V.F., [1]Lyukhter A.B.

[1]Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: hotz@mail.ru;
[2]EC at VSU LLC, Vladimir, e-mail: gusev@laser33.ru

The article proposes a method of calculating the durability of aluminum panels connected to the steel frame by laser welding, taking into account the residual stresses arising during welding, as well as under the influence of inertial loads arising during acceleration and braking of the vehicle while driving on public roads. The proposed block diagram of the proposed method describes the calculation process from the choice of the method of connecting aluminum panels with a steel frame to predict the durability of the structure. When choosing the type of connection, it is shown that when laser welding of facing aluminum panels with a steel frame, minimal residual stresses occur, which increases the durability of the structure. The temperature fields were studied on the control samples to clarify the boundary conditions of the moving heat source, as well as the strength characteristics of the welded joints, which allowed the finite element calculation of the thermal stress-strain state of the control samples after welding. In parallel, the experimental determination of deformation of sheets during welding was carried out. The results of the numerical calculation on the control samples of the thermal stress-strain state after the test were transferred to the welded structure. To calculate the stress-strain state of a composite structure in operation, the vehicle acceleration during braking and acceleration while driving on public roads was measured. Since the loading of the vehicle bodies by inertial forces is accidental, the real character of the acceleration change from the beginning of the movement to the stop is replaced by a schematized one in the calculations. The initial data allow us to calculate the longevity of the body components of the vehicle on the effect of variable loading inertia forces using, for example, hypotheses Korten-Dolan.

Keywords: aluminum panel, steel frame, laser welding, temperature field, boundary conditions, amplitude stress, equivalent stress, durability

Для снижения массы транспортных средств (легковые автомобили, автобусы) с целью обеспечения максимального запаса хода их в городском режиме при полной заправке используются новые материалы, а также легкие металлы, такие как алюминий и магний, составляющие в сумме около 50% всей снаряженной массы автомобилей [1]. Кроме того, стальной облицовочный материал заменяется на алюминиевые листы, которые закрепляются на каркасах из стального металлопроката, что уменьша-

ет собственную массу автомобиля, а также к снижению расхода топлива эксплуатационных расходов при обеспечении прочности элементов конструкции при действии эксплуатационных нагрузок [2].

Соединение алюминиевых панелей на стальном каркасе в современном производстве автобусов и легковых автомобилей осуществляемое либо с помощью различного рода клеев или сваркой. При последнем способе соединения происходит нагрев соединяемых деталей, что приводит к появлению в них остаточных напряжений после остывания [3–5]. Даже если в эксплуатации облицовка кузова испытывает переменные напряжения невысокого уровня от действующих нагрузок, то влияние остаточных напряжений в сварных соединениях на пределы выносливости оказывается высоким [6, 7]. В связи с этим проблема повышения надежности элементов кузова транспортных средств, состоящих из листов алюминиевых сплавов, сваренных на каркасе из стали, прогнозирование ее долговечности является актуальной задачей.

Цель исследования: разработка методики расчета на долговечность элементов кузовов транспортных средств со сварными соединениями из стали и алюминиевых сплавов, что позволит прогнозировать их надежность в эксплуатации.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является долговечность сварных составных элементов кузовов транспортных средств из стали и алюминиевых сплавов под действием инерционных нагрузок при эксплуатации с учетом остаточных напряжений в соединении после сварки. В качестве предмета исследования принята опытная крышка смотрового люка отсека силовой установки электробуса Волгабас 5270Е.

Основные положения предлагаемой методики расчета на долговечность составных элементов кузовов из стали и алюминия, работающих под действием инерционных нагрузок при наличии остаточных напряжений, которые возникают в конструкции после сварки стального каркаса с алюминиевым листом, представлены в виде блок-схемы на рис. 1.

Численные методы расчета проводятся с использованием метода конечных элементов (МКЭ), и для всей конструкции конечно-элементная модель (КЭМ) должна быть достаточно громоздкой, так как состоит из значительного количества элементов и узлов, что скажется на эффективности расчета. Поэтому отработка методики проводится на контрольных образцах (рис. 2), а результаты этого исследования будут перенесены на реальную конструкцию.

После выбора способа соединения листов из алюминия со стальным каркасом для элементов конструкции на контрольных образцах проводится его экспериментальная отработка. В нашем случае в качестве способа соединения была выбрана лазерная сварка [8].

Рассмотрим исследования, проводимые в соответствии с блок-схемой на рис. 1.

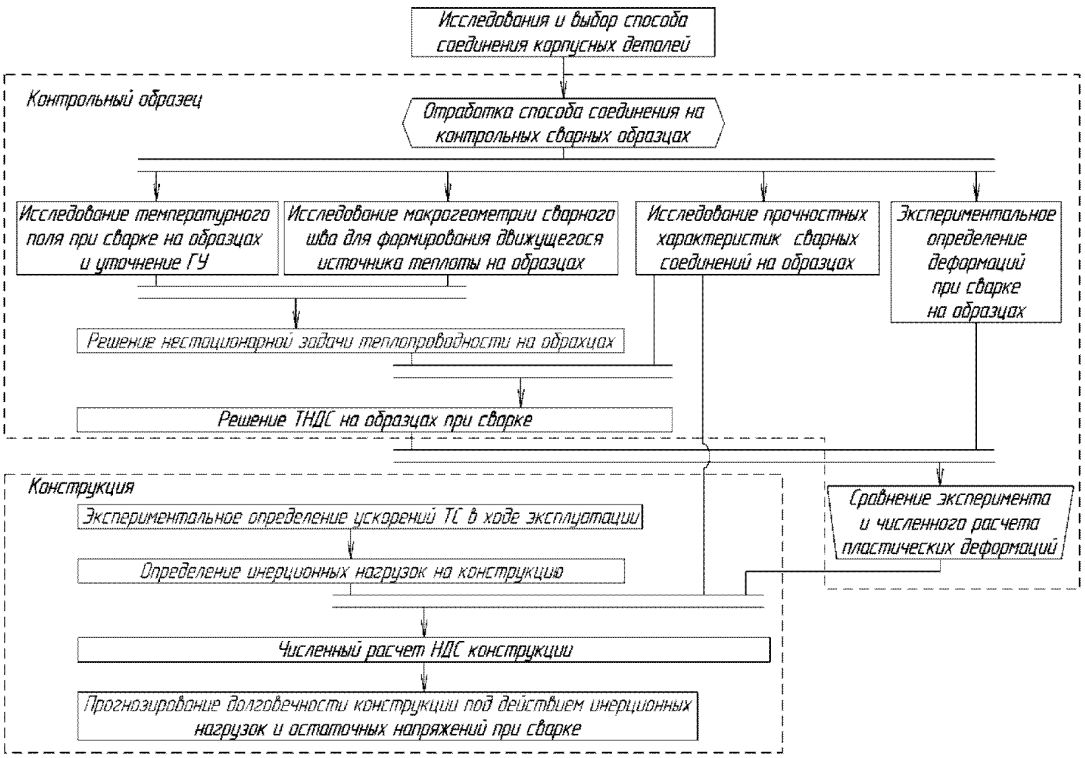


Рис. 1. Блок-схема методики прогнозирования долговечности сварных элементов кузова

При сварке температурное поле в окрестностях сварного шва регистрируется хромель-алюмелевыми термопарами, что позволяет выбрать способ сварки с наименьшим тепловым потоком, а также для формирования начальных и граничных условий теплообмена с целью проверки сходимости расчетных и экспериментальных температур при решении нестационарной задачи теплопроводности в процессе лазерной сварки [9].

Для определения геометрии сварочной ванны и ее влияния на остаточные напряжения изготавливаются макрошлифы сварных соединений из сварных образцов, что позволяет определить объем сварочной ванны, а также характер передачи теплоты при движении лазерного луча [9]. В объеме сварочной ванны из-за воздействия лазерного луча за время сварки происходит перемешивание металлов, что позволяет принять температуру расплава равной температуре плавления стали. Такая формализация источника теплоты упрощает задание начальных и граничных условий теплообмена в процессе сварки. Расчет температурных полей в процессе лазерной сварки стальных и алюминиевых листов внахлест более подробно рассмотрен в работе [9].

Для исследования прочности сварных соединений и уточнения ГУ в качестве объекта исследования принят контрольный сварной образец (рис. 2), полученный лазерной сваркой по разработанному способу и состоящий из двух стальных и двух алюминиевых пластин, соединенных четырьмя сварными швами (прямолинейными или кольцевыми). Длина рабочей части образца составляет $l_0 = 120$ мм, ширина рабочей части образца $b = 30 \pm 0{,}5$ мм, согласно ГОСТ 6996-66.

Для определения временного сопротивления σ_v контрольные сварные образцы были испытаны по ГОСТ 6996-66 при статическом растяжении на разрывной машине WDW-100E, скорость нагружения составляла 5 мм/мин (что составляло в ходе экспериментов рост напряжения не более 6 МПа/с, а по ГОСТ 1497-84 для цветных металлов допускается его рост от 1 до 10 МПа/с) [10].

На контрольных образцах экспериментально проводится измерение деформации под действием тепловой нагрузки при сварке, например, с помощью рычажного тензометра.

После проведения указанных выше исследований и уточнения ГУ, решается задача нестационарной теплопроводности, а также проводится расчет МКЭ теплового напряженно-деформированного состояния МКЭ на контрольных образцах с определением величины остаточных напряжений, возникающих после процесса сварки [2].

Для оценки достоверности полученных результатов значение остаточных напряжений после численного расчета МКЭ сравнивается с результатами эксперимента, а результаты численного расчета на контрольных образцах – с результатами расчета МКЭ части конструкции.

В эксплуатации на кузов транспортного средства (ТС) действуют различные силы [11, 12]. Так как в качестве предмета исследования принята опытная крышка смотрового люка отсека силовой установки электробуса Волгабас 5270Е, то основной нагрузкой на него являются силы инерции, возникающие при ускорении и торможении ТС. Экспериментальное определение ускорений ТС в ходе эксплуатации и определение инерционных нагрузок на элементы кузовов рассмотрено в нашей работе [2].

После проведения указанных выше операций проводится численный расчет НДС конструкции с вычислением эквивалентных напряжений [13].

Поскольку в нашем случае имеем сложное напряженное состояние, то при вычислении эквивалентного напряжения [2] вклад величины остаточных напряжений в усталостную долговечность в соответствии с рекомендациями И.А. Биргера [14] следует учесть путем добавления их к наибольшему постоянному напряжению цикла [2].

По результатам численных расчетов МКЭ проводится расчет надежности и прогнозирование долговечности по гипотезе Кортена – Долана [14, 15]:

$$\left(N_g\right)_f = \frac{N_1}{\alpha_1 + \alpha_2\left(\sigma_2/\sigma_1\right)^d + \alpha_3\left(\sigma_3/\sigma_1\right)^d + \ldots + \alpha_n\left(\sigma_n/\sigma_1\right)^d}, \quad (1)$$

где $(N_g)_f$ – общее число циклов до разрушения в условиях действия напряжений с изменяющейся амплитудой; d – постоянная материала (для алюминиевого сплава $d_{\text{ср.ал}} = 6$); N_1 – число циклов до разрушения при действии напряжений с наибольшей амплитудой σ_1 ($N_1 = 100000$, для малоцикловой нагрузки); α_1, α_2, … α_n, – относительные доли числа циклов нагружений с амплитудами σ_1, σ_2, …, σ_n, соответственно.

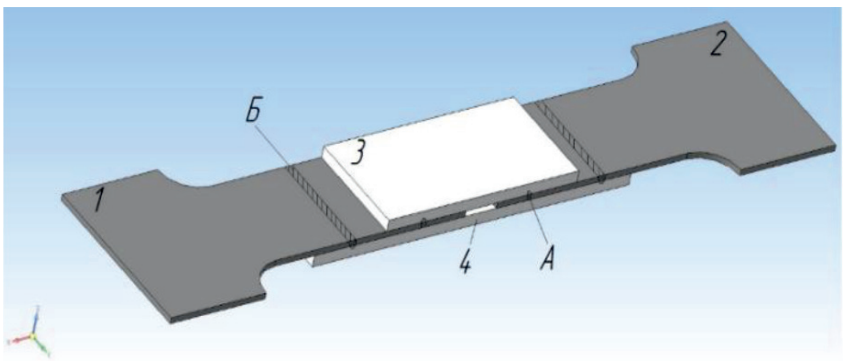


Рис. 2. Контрольный сварной образец: 1 и 2 – листы стали 20 толщиной 1,5 мм; 3 и 4 – листы алюминиевого сплава АМг2М толщиной 3,0 мм; А и Б – места сварных соединений

Как отмечается в [15], во многих практических приложениях напряжения меняются квазислучайно, сумма вероятностей возникновения этих напряжений может изменяться от 0,6 до 1,6, т.е. в знаменателе формулы (1) $\sum_{i=1}^{n}\alpha_n = 0,6\ldots1,6$, что следует учитывать при прогнозировании нагружения автобусов от действия инерционных нагрузок.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе экспериментальных исследований были изготовлены серии контрольных сварных образцов с целью определения временного сопротивления сварных соединений $\sigma_{sv.sh}$ и коэффициент ослабления прочности сварного соединения $k = \sigma_{sv.sh}/\sigma$ относительно основного материала. Поскольку разрушение контрольных сварных образцов происходило путем смятия сварных соединений в зоне термического влияния (ЗТВ) алюминиевого листа от нормальных напряжений, в качестве σ применяется временное сопротивление смятию алюминиевого сплава равное 270 МПа. Граница смятия в поперечном сечении определялась по макрошлифам сварных соединений. Результаты механических испытаний приведены в таблице.

Определение расчетных остаточных напряжений в зоне термического влияния алюминиевых листов для контрольных сварных образцов исходило из следующих предположений. После нагрева в ходе лазерной сварки высокую прочность и пластичность алюминиевые сплавы приобретают при температуре ниже 300 °С. Начиная с данной температуры начинает формироваться значительная часть остаточных напряжений.

Расчетное температурное поле, полученное путем решения уравнений нестационарной теплопроводности с использованием модифицированной модели сварочной ванны на стадии остывания, для задачи ТНДС в сварочном шве должно соответствовать началу формирования твердых фаз и остаточных напряжений, т.е. 300 °С.

Применяя метод переменных параметров упругости И.А. Биргера [14], определяется ТНДС в КЭ исследуемой области для расчетного температурного поля в упругопластической постановке с использованием свойств материалов (модуля упругости E), характерных для принятой в расчете температуры. Расчет ТНДС контрольных сварных образцов проводился с использованием программы Solidworks Simulation в упругопластической постановке с использованием критерия пластичности Мизеса.

Распределение эквивалентных напряжений в ЗТВ алюминиевого листа по длине прямолинейного и кольцевого сварных швов [8] в расчетной точке приведено на рис. 3, которое позволяет получить необходимые данные для расчета остаточных напряжений $\sigma_{ост}^{(300)}$ в расчетной точке:

$$\sigma_{ост}^{(300)} = \sigma_{экв}^{(300)} - \sigma_{т}^{(300)}, \qquad (2)$$

где $\sigma_{экв}^{(300)}$ – эквивалентные напряжения, вычисленные МКЭ с учетом температуры 300 °С; $\sigma_{т}^{(300)}$ – предел текучести по справочным данным при температуре 300 °С.

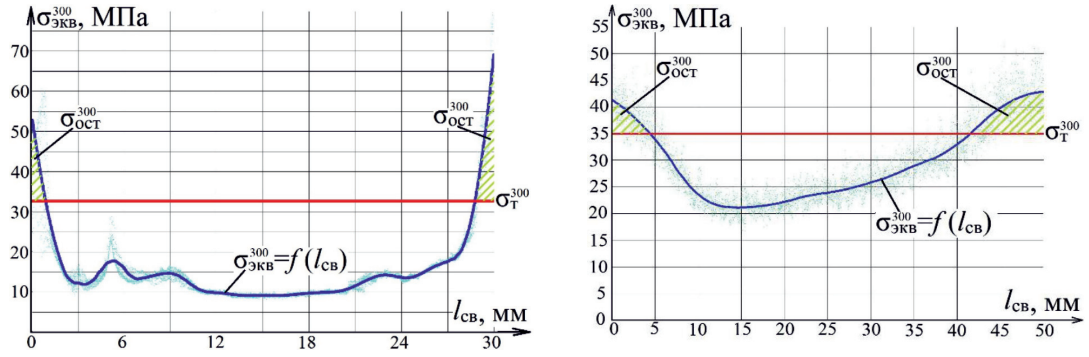
Далее, используя обобщенные кривые деформирования при растяжении образцов для температур 300 °С и 20 °С, проводится расчет процесса теплового нагружения при остывании (ломаная линия ACB, рис. 4) с отысканием остаточных напряжений после остывания по формуле

$$\sigma_{ост}^{(20)} = \sigma_{ост}^{(300)} + (E_{к}^{(20)} - E_{к}^{(300)})\cdot\varepsilon_{экв}^{(300)} - \alpha\cdot\Delta T\cdot E_{к}^{(20)}, \qquad (3)$$

где $\sigma_{ост}^{(20)}$ – остаточные напряжения при температуре 20 °С; $\sigma_{ост}^{(300)}$ – остаточные напряжения при температуре 300 °С; $E_{к}^{(20)}$ и $E_{к}^{(300)}$ – касательные модули упругости при температурах 20 °С и 300 °С соответственно [14]; $\varepsilon_{экв}^{(300)}$ – эквивалентные деформации при температуре 300 °С; $\alpha = 23{,}8\cdot10^{-6}$ 1/град – коэффициент линейного расширения алюминиевого сплава АМг2М; ΔT – перепад температур (280 °С).

Результаты механических испытаний контрольных сварных образцов

Тип шва	Мощность лазерного излучения P, Вт	Скорость сварки v, мм/с	Усилие разрушения $P_{max.sr}$, кН	Начальная площадь поперечного сечения F_0, мм^2	Временное сопротивление $\sigma_{sv.sh}$, МПа	k
Прямолинейный	2900	18	8,09	51,22	158,19 ± 14,27	0,59
	2900	20	7,56	47,72	157,94 ± 5,61	0,58
	3000	**18**	**8,03**	**33,04**	**242,99 ± 19,68**	**0,90**
	3000	20	8,12	36,65	221,59 ± 9,52	0,82
Кольцевой	2900	20	8,99	51,04	176,09 ± 7,90	0,65
	2900	22	8,11	45,73	177,39 ± 4,73	0,66
	3000	**20**	**12,57**	**49,80**	**252,42 ± 7,30**	**0,93**
	3000	22	10,03	52,05	192,70 ± 3,16	0,71



а) *б)*

Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в ЗТВ алюминиевого листа в расчетной точке по длине: а – прямолинейного; б – кольцевого сварных швов

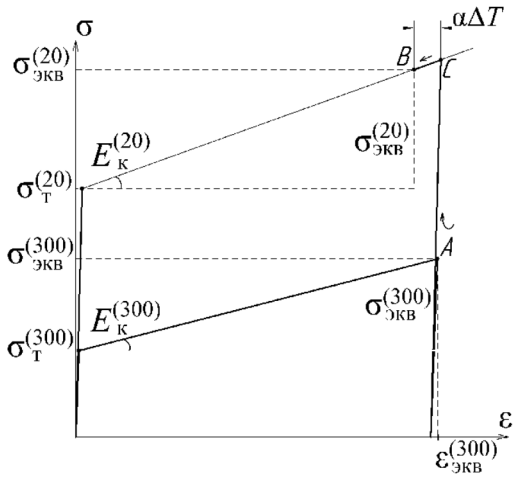


Рис. 4. К определению пластических деформаций на стадии остывания

Подставив в формулу (3) вычисленные и справочные известные величины, остаточные напряжения в зоне термического влияния алюминиевого листа для прямолинейного сварного шва составили 47,26 МПа, для кольцевого шва – 28,54 МПа.

Сравнение результатов расчета остаточных напряжений проводилось на облицовочной поверхности алюминиевого листа, где может быть установлен тензометр Гугенбергера, поскольку определение деформаций в ЗТВ алюминиевого листа не представляется возможным (рис. 5). Результаты экспериментального определения деформаций приведены на рис. 6. Расчетное значение остаточных напряжений по формуле (2) составляет – 6,87 МПа, что хорошо согласуется с величиной остаточных напряжений, полученных экспериментально на облицовочной поверхности алюминия:

$$\sigma_{\text{ост.эксп}} = \varepsilon_{\text{эксп}} \cdot E = -0,000075 \cdot 71000 =$$

$$= 5,325 \pm 1,8 \text{МПа}. \qquad (4)$$

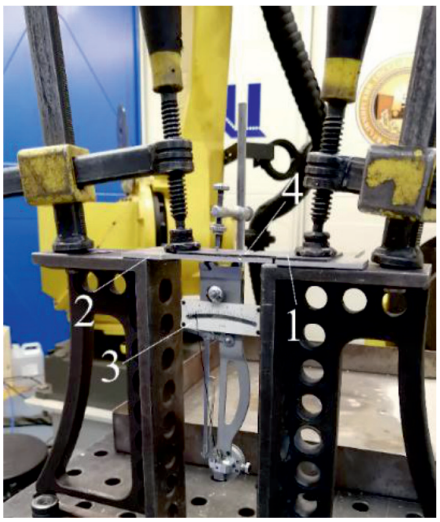


Рис. 5. Стенд для определения деформаций с использованием тензометра Гугенбергера (а) и результаты измерения (б): 1 – стальной лист Ст20, 2 – лист алюминиевого сплава АМг2М; 3 – тензометр Гугенбергера; 4 – сварное соединение

Последним этапом методики является расчет долговечности по гипотезе Кортена – Долана по формуле (1):

$$(N_g)_f = \frac{100000}{0,030220296} = 3309034,$$

где $\sum_{i=1}^{n} \alpha_n = 1,6$, напряжения σ_2, σ_3, …, σ_n соответствуют амплитуде интенсивности напряжений σ_{ia} в [2] с вероятностями α_n, соответствующими частоте появления каждой группы циклов во время регистрации ускорений ТС, $\sigma_{v.Al} = 192$ Мпа, $\sigma_1 = \sigma_{-1}^{os} \cdot k = (0,8 \cdot \sigma_{-1}^{iz}) \cdot k = 0,8 \cdot (0,3 \cdot \sigma_{v.Al}) \cdot k = 41,47$ Мпа.

Полученное значение циклов соответствует 20,77 лет эксплуатации при нормативном сроке в 7 лет.

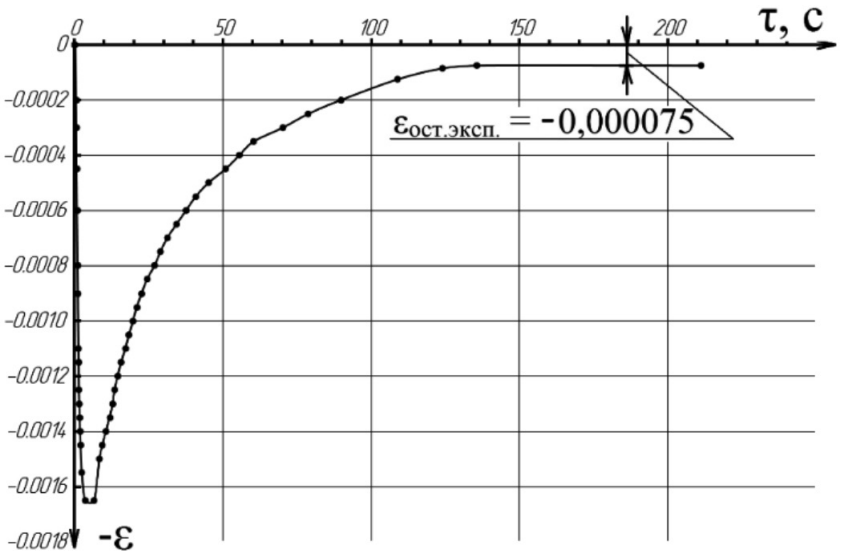


Рис. 6. Результаты замеров деформации при сварке: $\varepsilon_{ост.эксп}$ – величина остаточных пластических деформаций (знак «–» соответствует сжатию образцов в месте измерения)

Заключение

В статье предложена методика расчета на долговечность алюминиевых панелей, соединенных со стальным каркасом лазерной сваркой. Рассмотрен выбор граничных условий для теплового напряженно-деформированного состояния при сварке, что позволяет корректно определить остаточные напряжения, возникающие при этом. Полный расчет предлагается под действием инерционных нагрузок, возникающих при ускорении и торможении транспортного средства во время движения по дорогам общего пользования. Полученные исходные данные позволяют провести расчет на долговечность элементов кузовов транспортного средства на действие переменного нагружения инерционными силами с использованием с учетом влияния остаточных напряжений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации. Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0158 от 28 ноября 2014 г. Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57714X0158.

Список литературы

1. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. Колесные и гусеничные машины. Т. IV-15 / В.Ф. Платонов, В.С. Азаев, Е.Б. Александров и др. Под общ. ред. В.Ф. Платонова. М.: Машиностроение. 1997. 688 с.

2. Гоц А.Н., Гусев Д.С., Гуськов В.Ф., Люхтер А.Б. Расчет на прочность элементов кузовов автобусов от действия инерционных нагрузок// Современные наукоемкие технологии, 2019. № 6. С. 39–44.

3. Навроцкий Д.И. Расчет сварных конструкций с учетом концентрации напряжений. М.: Машиностроение, 1968. 170 с.

4. Зарезин В.Е. Повышение ресурса соединений сварных узлов и конструкций железнодорожной техники // Технико-технологические проблемы сервиса. 2015. № 4. Т. 34. С. 26–29.

5. Петинов С.В. Строительные конструкции зданий и сооружений. Эксплуатационная надежность металлических конструкций: учеб. пособие СПб.: Изд-во Политехнического. ун-та, 2013. 219 с.

6. Дегтярев В.А. Прогнозирование предельных амплитуд цикла напряжений сварных соединений с установившимися остаточными напряжениями // Автоматическая сварка. 2016. № 10. Т. 757. С. 16–21.

7. Димитриенко Ю.И., Юрин Ю.В., Европин С.В. Прогнозирование долговечности и надежности элементов конструкций высокого давления. Часть 2. Численное статистическое моделирование // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2013. № 11. С. 3–11.

8. Шлегель А.Н., Люхтер А.Б., Кононов В.А., Валуйских В.П., Гусев Д.С. Способ лазерной сварки внахлест листов конструкционной стали и сплавов алюминия. Патент РФ № 2638267. Патентообладатель ФГБОУВО ВлГУ. 2017. Бюл. № 35.

9. Гоц А.Н., Гусев Д.С., Гуськов В.Ф., Люхтер А.Б. Расчет температурных полей в процессе лазерной сварки стальных и алюминиевых листов внахлест // Современные наукоемкие технологии, 2019. № 2. С. 32–37.

10. Люхтер А.Б., Шлегель А.Н., Леонтьев А.А., Гусев Д.С. Результаты механических испытаний корпусных элементов автобусов, полученных лазерной сваркой стального профиля Ст3 с алюминиевой облицовкой АМг2М // Цветные металлы. 2017. № 10. С. 85–89.

11. Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля: учеб. пособие. М.: МГТУ «МАМИ», 2007. 102 с.

12. Савкин А., Горобцов А., Андроник А. Оценка прочности и усталостной долговечности конструктивных элементов автомобиля// САПР и графика, 2012. № 8. С. 93–96.

13. Димитриенко Ю.И., Юрин Ю.В., Шиверский Е.А. Прогнозирование долговечности и надежности элементов конструкций высокого давления. Ч. 2. Численное статическое моделирование // Известия высших учебных заведений. МАШИНОСТРОЕНИЕ. 2013. № 12. С. 10–18.

14. Биргер И.А. Детерминированные и статистические модели долговечности / Проблемы прочности летательных аппаратов: сб. стат. / Под ред. И.Ф. Образцова, А.С. Вольмира. М.: Машиностроение, 1985. С. 105–150.

15. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение: Пер. с англ. Под ред. Э.И. Григолюка. М.: Мир, 1984. 624 с.

УДК 519.642.4:537.624

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И МОДЕЛИ ДЖИЛСА – АТЕРТОНА

Денисов П.А.

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

Разработана модификация метода граничных интегральных уравнений, предназначенная для моделирования стационарного плоскопараллельного магнитного поля в нелинейных средах с гистерезисом, отличающаяся использованием скалярных потенциалов простого и двойного слоя совместно с явными выражениями модели Джилса – Атертона. Предложенный метод учета гистерезиса заключается в выделении из области, ограниченной петлей гистерезиса, однозначной характеристики, задаваемой с использованием явных выражений модели Джилса – Атертона. В результате смещения полученной характеристики вдоль оси магнитной напряженности ферромагнитный элемент представляется в виде наложения нелинейного ферромагнетика с характеристикой, проходящей через начало координат, и постоянного магнита с намагниченностью, равной величине коэрцитивной силы. Расчет распределения магнитного поля сведен к определению скалярных вторичных источников в виде фиктивных магнитных зарядов, размещаемых на границах областей однородности. Для моделирования поля известной намагниченности использован потенциал простого слоя, а для поля реакции ферромагнетиков – потенциал двойного слоя. С целью проверки предлагаемого метода разработана программа для ЭВМ и рассчитана тестовая задача. Результаты были сравнены с данными, полученными с использованием программного пакета моделирования физических полей методом конечных элементов Femm 4.2.

Ключевые слова: математическое моделирование, магнитное поле, гистерезис, модель Джилса – Атертона, метод интегральных уравнений, скалярный потенциал простого слоя, скалярный потенциал двойного слоя

MATHEMATICAL MODELING OF MAGNETIC FIELD USING BOUNDARY INTEGRAL EQUATION METHOD AND JILES-ATHERTON MODEL

Denisov P.A.

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

Modification of boundary integral equation method was developed to simulate a stationary plane-parallel magnetic field in nonlinear medium with hysteresis, characterized by the use of scalar potentials of simple and double layer in combination with explicit expressions of the Jiles-Atherton model. The proposed method of accounting for hysteresis consists in the extracting from the area bounded by the hysteresis loop, a unambiguous characteristic defined using explicit expressions of the Jiles-Atherton model. As a result of the shifting of the obtained characteristic along the axis of magnetic intensity, the ferromagnetic element is represented as an overlay of a nonlinear ferromagnetic with a characteristic passing through the zero, and a permanent magnet with a magnetization equal to the value of the coercivity. The calculation of the magnetic field distribution is reduced to the finding of scalar secondary sources in the form of fictitious magnetic charges placed at the boundaries of the regions of homogeneity. The potential of a simple-layer was used to simulate a field of known magnetization, and a double-layer potential was used for the ferromagnetic reaction field. The computer program has been developed and the test problem has been calculated in order to validate the proposed method. The results were compared with those obtained using the finite element analysis software Femm 4.2.

Keywords: mathematical modeling, magnetic field, hysteresis, Jiles-Atherton model, integral equation method, scalar single-layer potential, scalar double-layer potential

Актуальность исследования и развития математических моделей гистерезиса и методов моделирования физических полей связана с широким использованием в технических устройствах элементов, выполненных из магнитных материалов и диэлектриков, имеющих неоднозначные зависимости характеристик. Современный уровень развития техники предполагает все более активное использование компонентов и материалов на пределе их возможностей, что требует широкого применения компьютерного моделирования при проектировании и совершенствовании математических моделей с целью повышения их соответствия исследуемым объектам [1, 2].

Целью исследования является усовершенствование инструментов моделирования магнитного поля с учетом гистерезиса. В рамках поставленной цели выполнено объединение в единый метод ранее разработанных модификаций модели Джилса – Атертона [3] и метода моделирования магнитного поля, построенного на основе граничных интегральных уравнений [4].

Материалы и методы исследования

Согласно модели Джилса – Атертона, в объеме ферромагнитного материала векторы магнитной индукции $\overline{B}$, напряженности магнитного поля $\overline{H}$ и намагниченности $\overline{M}$ коллинеарны, а их проекции на общую ось удовлетворяют соотношению

$$B(H) = \mu_0 (M(H) + H). \quad (1)$$

Связь $M(H)$ задается дифференциальными соотношениями, основанными на безгистерезисной кривой $M_{an}(H)$, для описания которой была выбрана функция Ланжевена

$$M_{an}(H)=\begin{cases} M_s\dfrac{H}{3a}, & \text{если } \dfrac{H}{a}\le 0{,}1, \\ M_s\left[\operatorname{cth}\dfrac{H}{a}-\dfrac{a}{H}\right], & \text{если } \dfrac{H}{a}>0{,}1, \end{cases}$$

где M_s – намагниченность насыщения, a – параметр формы. Также в модели используются коэффициент сцепления k, параметр c, характеризующий выпуклость границ домена, и коэффициент междоменной связи α. Перечисленные параметры можно найти по измеренной петле гистерезиса, используя метод Нелдера – Мида [5] безусловной оптимизации.

В случае, когда междоменным взаимодействием можно пренебречь и положить α = 0, для описания кривой $M(H)$, выходящей из известной начальной точки (H_0, M_0), можно использовать явные выражения, устойчивые к ошибкам численной реализации [3].

При $dH/dt>0$ рабочая точка будет двигаться вправо, т.е. в сторону возрастания H. Возможны два случая. Если $M_0 \le M_{an}(H_0)$, то рабочая точка всегда будет находиться под $M_{an}(H)$, а ее движение будет описываться кривой

$$M(H)=\left[\frac{1-c}{k}I^{+}(H_0,H)+\left(M_0-cM_{an}(H_0)\right)\mathrm{e}^{\frac{H_0}{k}}\right]\mathrm{e}^{-\frac{H}{k}}+cM_{an}(H), \tag{2}$$

где $I^{+}(H,H_0)=\int_{H_0}^{H}M_{an}(t)\mathrm{e}^{\frac{t}{k}}dt$. Если $M_0>M_{an}(H_0)$, то траектория $M(H)$ и кривая $M_{an}(H)$ пересекутся в точке (H_{cr}, M_{cr}), определяемой из системы уравнений

$$M_{cr}=\frac{1}{1-c}M_0-\frac{c}{1-c}M_{an}(H_0), \tag{3}$$

$$M_{an}(H_{cr})=M_{cr}. \tag{4}$$

При $H_0 \le H \le H_{cr}$ траектория будет описываться кривой

$$M(H)=M_0+c\left(M_{an}(H)-M_{an}(H_0)\right), \tag{5}$$

а при $H \ge H_{cr}$ – выражением (4), где вместо (H_0, M_0) необходимо подставить (H_{cr}, M_{cr}).

При $dH/dt<0$ рабочая точка будет двигаться влево, т.е. в сторону убывания H. Возможны два случая. Если $M_0 \ge M_{an}(H_0)$, то рабочая точка всегда будет находиться над $M_{an}(H)$, а ее движение будет описываться кривой

$$M(H)=\left[\frac{1-c}{k}I^{-}(H,H_0)+\left(M_0-cM_{an}(H_0)\right)\mathrm{e}^{-\frac{H_0}{k}}\right]\mathrm{e}^{\frac{H}{k}}+cM_{an}(H), \tag{6}$$

где $I^{-}(H,H_0)=\int_{H}^{H_0}M_{an}(t)\mathrm{e}^{-\frac{t}{k}}dt$. Если $M_0<M_{an}(H_0)$, то при $H_{cr} \le H \le H_0$ траектория определяется согласно (5), а при $H \le H_{cr}$ – выражением (6), где вместо (H_0, M_0) необходимо подставить (H_{cr}, M_{cr}), определяемую из уравнений (3),(4).

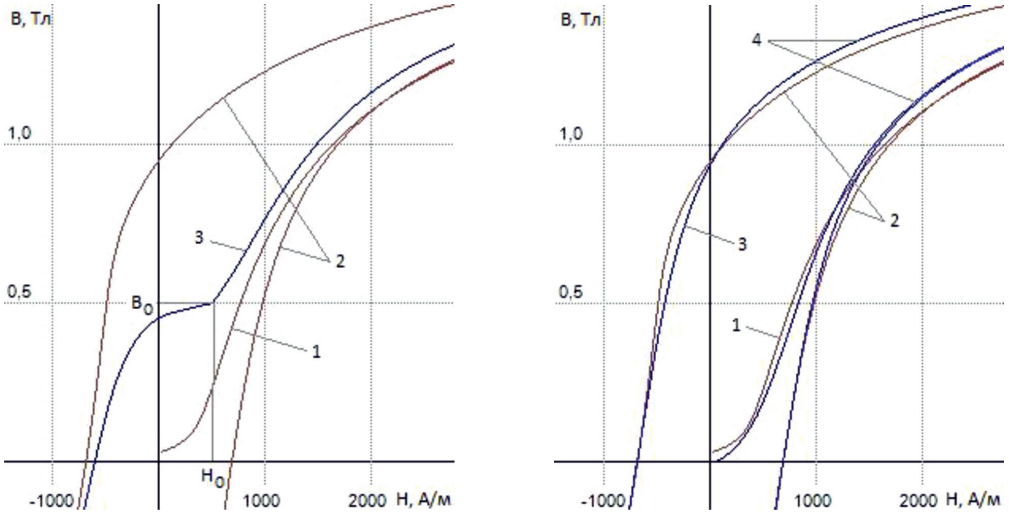
Для общего случая при $\alpha \ne 0$, для определения $M(H)$ можно использовать итерационный процесс:

$$H^j=H^{j-1}+\alpha M\left(H^{j-1}\right),\ j=\overline{1,n}, \tag{7}$$

$$M^n=M\left(H^n\right), \tag{8}$$

где функции $M(H^j)$ определяются согласно (2)–(6). Результатом является функция $M(H)=M^n\left(H^0\right)$, которая может быть подставлена в (1) для определения индукции.

Вычислительные правила (1)–(8) позволяют для любой начальной точки (H_0, B_0) выделить из петли гистерезиса однозначную зависимость $B(H)$, представляющую собой непрерывную, возрастающую, гладкую всюду, кроме точки (H_0, B_0), функцию (рис. 1, а). Такая зависимость соответствует характеристике ферромагнитного материала при любом монотонном изменении значения напряженности H магнитного поля относительно начального заданного значения H_0 и может быть использована для моделирования магнитного поля постоянных токов и постоянных магнитов. Каждая выделенная линия $B(H)$ имеет одну точку пересечения с осью H – остаточную индукцию B_r, и с осью B – коэрцитивную силу H_c.



а) *б)*

Рис. 1. Модель Джилса – Атертона магнитного гистерезиса: 1 – начальная кривая намагничивания, 2 – петля гистерезиса, 3 – выделенная однозначная зависимость, 4 – модель Джилса – Атертона: а) однозначная характеристика B(H) для начальной точки (H_0, B_0), б) петля гистерезиса и начальная кривая для модели Джилса – Атертона

В доступных программах анализа физических полей Femm и Elcut для моделирования кривой размагничивания $B(H)$, не проходящей через начало координат, используется подход, предполагающий смещение этой кривой вправо на величину коэрцитивной силы [6, 7]. Магнитная проницаемость μ в этом случае определяется по формуле

$$\mu(H) = \frac{B(H)}{H - H_c}. \qquad (9)$$

Смещение кривой размагничивания в [6, 7] достигается размещением по границам магнита эффективных поверхностных токов с поверхностной плотностью $\pm H_c$. Установлено, что аналогичный эффект достигается заданием остаточной намагниченности, значение которой $M_r = |H_c|$. Такой подход использован в работе для расчета поля для ферромагнетика с выделенной однозначной характеристикой $B(H)$.

Для анализа распределения плоскопараллельного магнитного поля была использована модификация метода граничных интегральных уравнений, предполагающая одновременное использование скалярных потенциала простого слоя (ППС) и потенциала двойного слоя (ПДС) [4]. Согласно выбранному методу магнитная индукция ищется в виде суперпозиции:

$$\overline{B} = \overline{B}_{\Phi} + \overline{B}_{\text{ПМ}},$$

где $\overline{B}_{\Phi} = \sum_F \overline{B}_{\Phi}^F$ – безвихревое поле реакции ферромагнетиков, а $\overline{B}_{\text{ПМ}} = \sum_{PM} \overline{B}_{\text{ПМ}}^{PM}$ – поле постоянных магнитов, создаваемое в однородной среде с магнитной проницаемостью μ_0.

Постоянный магнит представляется в виде совокупности элементарных однородно намагниченных постоянных магнитов, границы каждого из которых покрываются слоем фиктивных магнитных зарядов простого слоя с известной плотностью $\sigma = \mu_0 (M_r)_n$, где $(M_r)_n$ – нормальная составляющая остаточной намагниченности. Индукция, наводимая магнитом с индексом PM в точке Q, определяется по формуле

$$\overline{B}_{\text{ПМ}}^{PM}(Q) = \mu_0 (\overline{H}_{\text{ПМ}}^{PM}(Q) + \overline{M}_r^{PM}(Q)),$$

где $\overline{H}_{\text{ПМ}}^{PM}(Q)$ вычисляется интегрированием по границам $L_{\text{ПМ}}^{PM}$ магнита:

$$\overline{H}_{\text{ПМ}}^{PM}(Q) = -\text{grad}\varphi_{\text{ПМ}}^{PM} = \frac{1}{2\pi\mu_0} \oint_{L_{\text{ПМ}}^{PM}} \sigma(P) \frac{\overline{r}_{PQ}}{r_{PQ}^2} dl_P,$$

$$\varphi_{\text{ПМ}}^{PM}(Q) = \frac{1}{2\pi\mu_0} \oint_{L_{\text{ПМ}}^{PM}} \sigma(P) \ln \frac{1}{r_{PQ}} dl_P,$$

$\varphi_{\text{ПМ}}^{PM}$ – ППС, $\overline{r}_{PQ}$ – расстояние от точки интегрирования P до точки наблюдения Q, $\overline{M}_r^{PM}(Q) = 0$ вне магнита PM, а внутри $\overline{M}_r^{PM} = -\text{grad}\tilde{\varphi}_{\text{ПМ}}^{PM}$,

$$\tilde{\varphi}_{\text{ПМ}}^{PM} = -\left(M_r^{PM}\right)_x x - \left(M_r^{PM}\right)_y y,$$

где $(M_r^{PM})_x$, $(M_r^{PM})_y$ – проекции вектора $\overline{M}_r^{PM}$ на оси координат x и y, соответственно.

Каждый ферромагнетик разбивается на элементарные области однородности магнитной проницаемости μ, а поле реакции $\overline{B}_{\Phi}$ моделируется введением скалярного ПДС, двойной слой зарядов которого размещается на границах L_{Φ}^F областей однородности:

$$\overline{B}_{\Phi}^F = -\mu_0 \text{grad}\varphi_{\Phi}^F,$$

$$\varphi_{\Phi}^F(Q) = \frac{1}{2\pi\mu_0} \int_{L_{\Phi}^F} \tau(P) \frac{\overline{r}_{PQ} \cdot \overline{n}_P}{r_{PQ}^2} dl_P,$$

$$\bar{B}_{\Phi}^{F}(Q) = -\frac{1}{2\pi}\int_{L_{\Phi}^{F}} \tau(P)\mathrm{grad}_{Q}\frac{\bar{r}_{PQ}\cdot\bar{n}_{P}}{r_{PQ}^{2}}dl_{P},$$

где $\bar{n}_P$ – нормаль в точке P, τ – неизвестная плотность ПДС, которая определяется из интегрального уравнения второго рода

$$\tau(Q)+\sum_{F}\frac{\lambda_{Q}}{\pi}\int_{L_{\Phi}}\tau(P)\frac{\bar{r}_{PQ}\cdot\bar{n}_{P}}{r_{PQ}^{2}}dl_{P} =$$

$$= -2\lambda_{Q}\mu_{0}\sum_{PM}\left(\varphi_{\text{ПМ}}^{PM}(Q)+\tilde{\varphi}_{\text{ПМ}}^{PM}(Q)\right), \qquad (10)$$

где точка Q пробегает границы всех элементарных областей разбиения ферромагнетиков $L_{\Phi}=\sum_{F}L_{\Phi}^{F}$, $\lambda_{Q}=(\mu_{Q}^{-}-\mu_{Q}^{+})/(\mu_{Q}^{-}+\mu_{Q}^{+})$, μ_{Q}^{+} и μ_{Q}^{-} – магнитные проницаемости со стороны положительного и отрицательного направлений нормали $\bar{n}_Q$ в точке Q соответственно.

На основе приведенных формул в работе получен алгоритм моделирования магнитного поля, предполагающий выполнение следующих этапов:

1) замена рассматриваемой области расчета кусочно-однородной средой, в том числе разбиение ферромагнетиков на области однородности S_E и задание в каждой из них начальных значений магнитной проницаемости;

2) размещение первичных источников магнитного поля (плотностей ППС на границах элементарных постоянных магнитов);

3) определение плотностей скалярного ПДС на границах элементарных областей S_E путем решения интегрального уравнения (10);

4) расчет усредненного значения магнитной индукции в каждой области S_E:

$$\bar{B}_{\text{ср}}=\iint_{S_E}\bar{B}dS=-\frac{1}{S_E}\oint_{L_E}\frac{\mu_{Q}^{\text{внутр}}\tau(Q)\bar{n}_{Q}}{\mu_{Q}^{\text{внеш}}-\mu_{Q}^{\text{внутр}}}dl_{Q},$$

где $\bar{n}_Q$ – внешняя нормаль, а $\mu_{Q}^{\text{внутр}}$ и $\mu_{Q}^{\text{внеш}}$ – магнитные проницаемости с внутренней и внешней сторон границы L_E в точке $Q\in L_E$;

5) корректировка магнитной проницаемости в каждой элементарной области S_E с применением параметра релаксации ν:

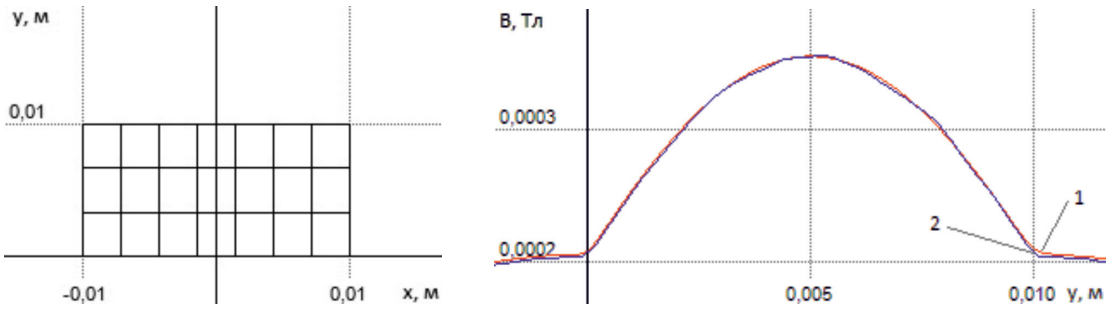
$$\mu_{k+1}=\mu_{k}+\nu\left(\mu(H_{\text{ср}})-\mu_{k}\right),$$

где μ_k и μ_{k+1} – старое и новое значения магнитной проницаемости соответственно, $\mu(H_{\text{ср}})$ рассчитывается согласно (9), а значение $H_{\text{ср}}$ определяется из уравнения $B(H_{\text{ср}})=(\bar{B}_{\text{ср}}\cdot\bar{M})/|\bar{M}|$ с помощью метода половинного деления отрезка (дихотомии). Выполнение алгоритма завершается, когда для каждой элементарной области однородности S_E выполняется $|\mu(H_{\text{ср}})-\mu_{k}|\le\varepsilon$, где ε – заранее заданное максимально допустимое значение погрешности определения магнитной проницаемости. Иначе переход на шаг в).

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрена задача моделирования плоскопараллельного магнитного поля уединенного ферромагнитного образца С45 прямоугольной формы с остаточной намагниченностью, направленной вдоль оси y (рис. 2, а). Результаты сравнивались с решением, полученным в Femm 4.2. Для материала С45 на тороидальном образце с использованием прибора MagHyst была получена петля гистерезиса с начальной кривой намагничивания (рис. 1, б), определены значения остаточной индукции и коэрцитивной силы: $B_r = 0{,}949$ Тл, $H_c = -682{,}9$ А/м. В Femm была экспортирована кривая размагничивания со смещением вправо на величину $|H_c| = 682{,}9$ А/м.

По имеющейся петле гистерезиса были получены параметры модели Джилса – Атертона: $M_s = 1460000$ А/м, $a = 1230$ А/м, $k = 870$ А/м, $c = 0{,}17$, $\alpha = 0{,}0023$, количество повторений n в (8) принято равным 6 (рис. 1, б). Построенная модель характеризовалась следующими значениями остаточной индукции и коэрцитивной силы: $B_r = 0{,}939$ Тл, $H_c = -687{,}2$ А/м. В качестве однозначной характеристики $B(H)$ была выбрана кривая размагничивания модели Джилса – Атертона. В модели была принята кусочно-постоянная аппроксимация плотности ПДС, количество граничных элементов оказалось равным 336.



а) *б)*

Рис. 2. Расчет магнитного поля уединенного образца С45: 1 – результат, полученный предложенным методом, 2 – график, импортированный из FEMM 4.2: а) область расчета: ферромагнетик, разбитый на 21 подобласть, б) графики y – составляющей магнитной индукции вдоль оси y

Результаты расчетов представлены на рис. 2, б. Хорошее совпадение графиков демонстрирует корректность предложенного метода и объясняется хорошим приближением значения коэрцитивной силы при заданных параметрах модели Джилса – Атертона.

Заключение

В работе предложена модификация метода граничных интегральных уравнений, предназначенная для моделирования стационарного плоскопараллельного магнитного поля в нелинейных средах с гистерезисом и основанная на выделении из области, ограниченной петлей гистерезиса, однозначной характеристики, задаваемой с использованием явных выражений модели Джилса – Атертона. Комбинированное использование скалярных ППС и ПДС совмещает преимущества обоих способов размещения зарядов, а именно:

– устойчивость решения в области, занимаемой ферромагнетиком, обеспечиваемую использованием ПДС;

– непрерывность и конечность значений плотности фиктивных магнитных зарядов ПДС, что упрощает ее аппроксимацию;

– простоту моделирования поля постоянных магнитов, обеспечиваемую применением ППС.

Несмотря на то, что в работе рассмотрено только плоскопараллельное поле, предложенный метод может быть легко перенесен на случай трехмерной задачи. При этом использование скалярных потенциалов не вызовет избыточного увеличения размерности, в отличие от векторных. Метод может быть применен к моделированию медленно меняющегося магнитного поля. Для этого достаточно выполнить фиксацию состояния ферромагнитного материала в каждой элементарной области и, используя эти точки в качестве начальных, построить новые зависимости $B(H)$.

Результаты работы получены при поддержке ФГБОУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в рамках НИР «Разработка программных модулей моделирования размагничивания постоянных магнитов для проектирования высокоэффективных электроприводов мотор-колес» (11690ГУ/2017).

Список литературы

1 Гречихин В.В. Применение математического моделирования в задачах определения петель гистерезиса электротехнических материалов // Изв. вузов. Электромеханика. 2010. № 3. С. 13–17.

2 Подберезная И.Б. Алгоритмы моделирования магнитного гистерезиса // Изв. вузов. Электромеханика. 2015. № 6. С. 5–13. DOI: 10.17213/0136-3360-2015-6-5-13.

3 Денисов П.А. Описание петли гистерезиса с использованием явных выражений для модели Джилса – Атертона первого уровня // Изв. вузов. Электромеханика. 2018. № 2. С. 13–18. DOI: 10.17213/0136-3360-2018-2-13-18.

4 Денисов П.А. Решение прямых и обратных задач анализа магнитного поля электротехнических устройств с постоянными магнитами при их локальном размагничивании: автореф. дис. … канд. техн. наук. Новочеркасск, 2016. 19 с.

5 Nelder J.A., Mead R. A simplex method for function minimization. Computer Journal 7. 1965. no. 4. P. 308–313.

6 Meeker D. Finite Element Method Magnetics: Version 4.2, user's manual // 2015. [Электронный ресурс] URL: http://www.femm.info/Archives/doc/manual.pdf (дата обращения: 29.07.2019).

7 Elcut Моделирование электромагнитных, тепловых и упругих полей методом конечных элементов: версия 6.3.1, руководство пользователя // СПБ. ООО «ТОР». 2018. [Электронный ресурс] URL: https://elcut.ru/downloads/manual_r.pdf (дата обращения: 29.07.2019).

УДК 004.925.84

ПРИМЕНЕНИЕ API AUTODESK INVENTOR ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Джунковский А.В., Холодов Д.А., Чикунов И.М.

Московский политехнический университет, Москва, e-mail: vc@mospolytech.ru

Рассматривается возможность применения API популярной CAD-системы Autodesk Inventor для решения задачи параметрического моделирования машиностроительных деталей на примере шкива клиноременной передачи. Задача моделирования решается с помощью разработки специализированого программного обеспечения с использованием COM-технологии в интегрированной среде разработки Microsoft Visual Studio на языке C++. Приводится программный код подключения к Autodesk Inventor как к COM-серверу. Излагается методика параметрического моделирования шкива клиноременной передачи в соответствии с ГОСТ 20889-88 с использованием твердотельных операций вращения, выдавливания, линейного копирования, вызываемых с помощью API. Даются комментарии по некоторым важным параметрам используемых API. Разработанное программное обеспечение позволяет получать различные конфигурации шкива клиноременной передачи на основании выбранных пользователем в диалоговом режиме геометрических параметров построения. В результате анализа достигнутых в работе результатов делается вывод об эффективности выбранных методов и средств решения поставленной задачи по автоматизированному параметрическому моделированию. Отмечается, что направлением развития изложенной в статье технологии может быть автоматизированное параметрическое моделирование сборочных единиц, то есть создание полноценных конфигураторов машиностроительных изделий с интерактивным пользовательским интерфейсом.

Ключевые слова: параметрическое моделирование, API, Autodesk Inventor, Microsoft Visual Studio, C++, COM

USAGE OF AUTODESK INVENTOR API FOR AUTOMATIC PARAMETRIC MODELLING OF ENGINEERING PARTS

Dzhunkovskiy A.V., Kholodov D.A., Chikunov I.M.

Moscow Polytechnic University, Moscow, e-mail: vc@mospolytech.ru

The possibility of using the API of the popular CAD system Autodesk Inventor to solve the problem of parametric modeling of machine parts on the example of a V-belt pulley is considered. The problem of modeling is solved by developing specialized software using COM-technology in the integrated development environment of Microsoft Visual Studio in C++. The program code of connection to Autodesk Inventor as to COM-server is given. The technique of parametric modeling of the V-belt drive pulley in accordance with GOST 20889-88 with the use of solid-state operations of rotation, extrusion, linear copying, called using the API. Comments are given on some important parameters of the API used. The developed software allows to obtain different configurations of the V-belt pulley on the basis of the geometric parameters selected by the user in the dialog mode. As a result of the analysis of the results achieved in the work, the conclusion is made about the effectiveness of the selected methods and means of solving the problem of automated parametric modeling. It is noted that the direction of development of the technology described in the article can be automated parametric modeling of Assembly units, that is, the creation of full-fledged configurators of engineering products with an interactive user interface.

Keywords: parametric modelling, API, Autodesk Inventor, Microsoft Visual Studio, C++, COM

Проблема параметрического трехмерного моделирования машиностроительных и не только изделий изучается достаточно активно [1, 2]. Она наиболее актуальна при разработке «семейств» типовых изделий, отличающихся друг от друга габаритами, пропорциями, наличием или отсутствием каких-либо незначительных конструктивных элементов. Характерным примером такой ситуации может служить необходимость моделирования деталей, геометрия которых описывается некоторым набором стандартизированных параметров: разнотипные муфты, шкивы, звездочки и т.д.

Зачастую разработчики современных САПР пытаются выходить из этой ситуации посредством создания специализированных библиотек компонентов, представляющих собой набор заранее смоделированных изделий, хранящийся на диске вместе с установленной САПР. Следует отметить, что создание таких библиотек практически всегда доступно пользователю, что является несомненным плюсом. Однако размер хранимой на диске информации в этом случае может достигать гигантских значений.

Еще один известный подход к решению данной задачи – параметризация модели «внутри» САПР. Суть его достаточна проста: разрабатываемой модели присваивается набор геометрических параметров или зависимостей, изменение которых приводит к видоизменению конфигурации модели. Это достаточно гибкий и эффективный метод, но все же ограниченный возможностями параметризации в конкретной САПР.

Следующий вариант решения задачи параметрического моделирования условно можно назвать параметризацией «извне» САПР. Основой этого процесса является предоставление разработчиком САПР пользователю интерфейсов программного взаимодействия – API (application programming interface), через которые программным образом возможно выполнить все действия по построению модели [3].

Приведенное в данной статье исследование было проведено с целью изучения применимости метода автоматизированного параметрического построения машиностроительных деталей с помощью API на примере реального изделия – шкива клиноременной передачи.

Материалы и методы исследования

В качестве тестовой платформы для проведения был выбран Autodesk Inventor как наиболее динамично развивающаяся на данный момент САПР. Вместе с тем следует заметить, что аналогичное решение может быть применено и к другим САПР, например SolidWorks или КОМПАС-3D. Для разработки программного кода C++ авторы использовали Microsoft Visual Studio 2017, как одну из самых мощных интегрированных сред на сегодняшний момент. Рассмотрим общие вопросы внешнего подключения к Autodesk Inventor через API. В первую очередь необходимо включить в проект библиотеку типов *RxInventor.tlb*, поставляемую вместе с данной САПР. После чего можно организовывать программный запуск Autodesk Inventor. Процесс запуска реализуется с помощью кода, приведенного в рис. 1.

Необходимо было выбрать некую конкретную машиностроительную деталь, параметрическое моделирование которой с помощью API можно было провести в целях исследования возможностей изучаемой технологии. Такой деталью авторами был выбран шкив клиноременной передачи как достаточно сложный объект, который в соответствии с ГОСТ 20889-88 описывается сравнительно небольшим набором параметров, приведенных на рис. 2.

На рис. 1 приняты следующие обозначения: Wp – расчетная ширина канавки шкива, b – глубина канавки над расчетной шириной, d_p – расчетный диаметр шкива, h – глубина канавки ниже расчетной ширины, e – расстояние между осями канавок, f – расстояние между осью крайней канавки и ближайшим торцом шкива, α – угол канавки шкива, d_e – наружный диаметр шкива, r – радиус закругления верхней кромки канавки шкива, M – ширина шкива, L – ширина шкива со ступицей, d_1 – диаметр посадочного отверстия, d – наружный диаметр ступицы.

```
CLSID InvAppClsid;
HRESULT hRes = CLSIDFromProgID(L"Inventor.Application", &InvAppClsid);
if (FAILED(hRes)) {
        pInvApp = nullptr;
        return
}
// Если Inventor уже запущен...
CComPtr<IUnknown> pInvAppUnk = nullptr;
hRes = ::GetActiveObject(InvAppClsid, NULL, &pInvAppUnk);

if (FAILED(hRes)) {
// Inventor не запущен, пробуем стартовать его...
hRes = CoCreateInstance(InvAppClsid, NULL, CLSCTX_LOCAL_SERVER, __uuidof(IUnknown), (void
**)&pInvAppUnk);
        if (FAILED(hRes)) {
                pInvApp = nullptr;
                return;
        }
}
// Получаем указатель на запущенное приложение...
hRes = pInvAppUnk->QueryInterface(__uuidof(Application), (void **)&pInvApp);
```

Рис. 1. Запуск Autodesk Inventor

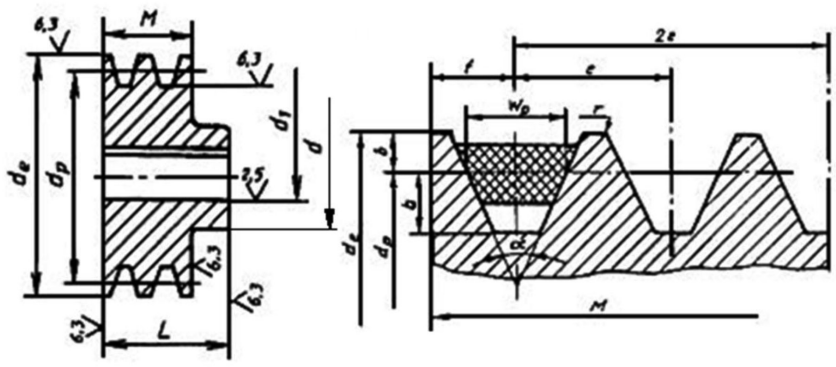


Рис. 2. Параметры монолитного одностороннего шкива с выступающей ступицей по ГОСТ 20889-88

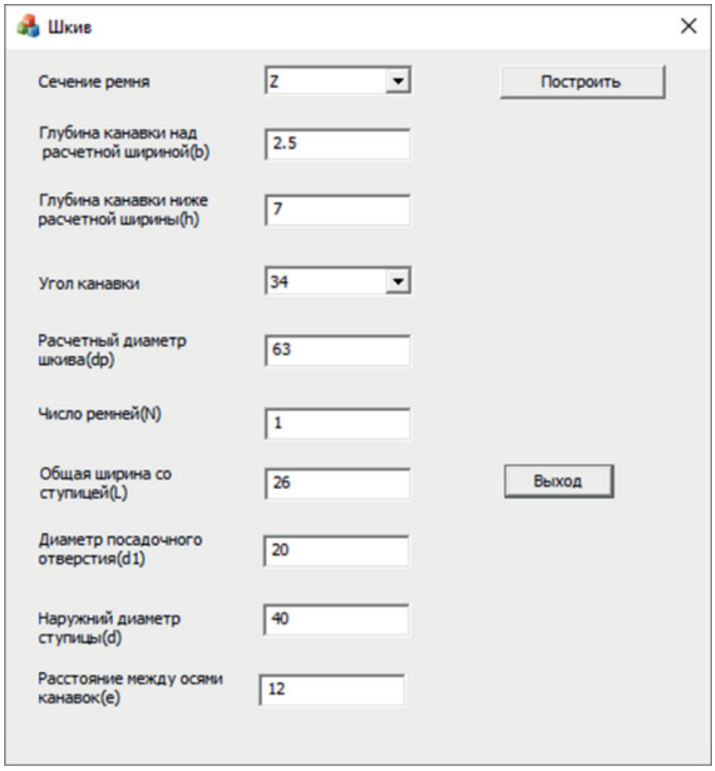


Рис. 3. Экранная форма ввода параметров

Исходя из табл. 2 из [4] очевидно, что для определения геометрии шкива и, следовательно, его построения необходимо задать следующие параметры: сечение ремня (Z, A, B, C, D, E, E0*)*, *b*, *e*, *h*, *α*, d_p, *N*, *L*, d_1 и *d*. Тогда:

$$M = (N-1)*e+2f,$$

$$d_e = d_p + 2b.$$

Для задания пользователем перечисленных выше параметров была создана экранная форма, вид которой представлен на рис. 3.

На основе полученных из экранной формы значений по формулам рассчитываются значения *M* и d_e, остальные определяются с учетом требований табл. 2 из [4].

Начальный этап построения шкива производится через создание образующего эскиза и вращения его вокруг оси X. При построении эскиза (объект *PlanarSketch*) целесообразно предварительно простроить его «характерные» точки с помощью функций *MethodCreatePoint2d* объекта *TransientGeometry*. В нашем случае такими точками являются точки пересечения образующих прямых профиля шкива. Указатель на каждую построенную точку целесообразно сохранять в объектах типа *SketchPointPtr* для дальнейшего использования в построении.

После расчета координат характерных точек эскиза и их построения в Autodesk Inventor можно переходить к созданию производящего контура для будущей твердотельной операции вращения. Такой контур при построении шкива создается путем соединения ранее полученных точек отрезками прямых линий (*SketchLine*). Для этого используется функция *MethodAddByTwoPoints* коллекции *SketchLines*. Результат построения представлен на рис. 4.

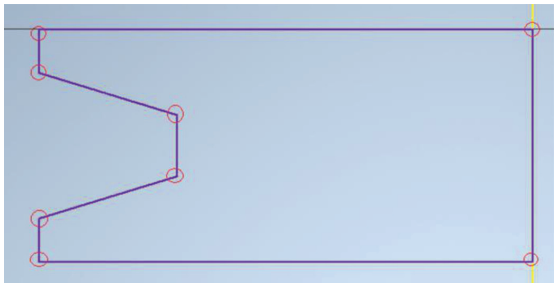


Рис. 4. Характерные точки эскиза, соединенные линиями

Для проверки пригодности построенного контура для использования в качестве производящего для твердотельных операций предназначена функция *AddForSolid* коллекции *Profiles* объекта *PlanarSketch*. В случае если возвращаемое ей значение типа *HRESULT* меньше нуля или происходит *runtime* ошибка – контур не пригоден для построения. В большинстве случаев это связано с тем, что в проверяемом контуре имеются самопересечения или он не замкнут. При положительном исходе проверки можно приступать к твердотельным операциям. Следует отметить, что API Autodesk Inventor связанные с твердотельными построениями имеют постфикс *Feature*, так, например, операция вращения – *RevolveFeature*, выдавливания *ExtrudeFeature*. При построении шкива

мы воспользуемся операцией вращения, обратившись к методу *AddFull* коллекции *RevolveFeatures*, запомнив указатель на вновь создаваемую *Feature* в объекте типа *RevolveFeaturePtr*.

Следующим шагом построения шкива является создание сопряжений (скруглений) ребер верхней кромки наружной канавки. Для этого предназначен API *FilletFeature.* На этом этапе нас ждут определенные затруднения, связанные с определением параметров для вызова интерфейса *FilletFeature.* При работе в интерактивном режиме указание ребер и граней, по которым создается скругление, не вызывает каких-либо трудностей – пара кликов мышью, и результат готов. В случае работы через API возникает необходимость однозначной программной идентификации ребра или грани, участвующей в построении, проще говоря, нужно определить их порядковые номера в соответствующих коллекциях.

Тривиальный способ «перебора» может быть применен только в случае если деталь достаточно проста и размеры коллекций ребер и граней невелики. А что делать если деталь содержит несколько сотен, а то и тысяч ребер?

Для решения этой задачи авторами предлагается следующий метод. API Autodesk Inventor содержит объект *Selection*, являющийся контейнером для всех выделенных пользователем в интерактивном режиме элементов модели. При написании программ параметрического построения моделей с помощью API можно в нужный момент времени выполнения программы сделать «остановку», перейти в интерактивный режим, выделить все интересующие элементы модели, тем самым записав их в *Selection*. После этого простым циклическим проходом «просмотреть» коллекции граней и ребер с поиском в них объектов, одновременно находящихся в *Selection.* Найденные соответствия в *Selection и* в коллекции граней и ребер однозначно определяют искомые для построения объекты.

Итак, определив номера объектов для скругления в коллекциях и поместив их в объекты типа *EdgeCollection* или *FaceCollection*, можно приступать к построению *FilletFeature.* Для этого воспользуемся функцией *AddSimple*, указав необходимый радиус скругления.

На этом этапе мы получили шкив для передачи с одним ремнем. Нам необходимо отработать вариант с неограниченным количеством ремней. Очевидно, что возможны два пути решения этой задачи.

Во-первых, можно вносить изменения в производящий эскиз. Этот способ обладает очевидным недостатком, так как повлечет за собой излишние затраты производительности на многократные построения идентичных участков твердого тела на основании пародической структуры эскиза. Второй путь – использование операций построения твердотельных массивов, который лишен этого недостатка. Для построения шкива будем использовать прямоугольный твердотельный массив. Шаг массива нам известен и составляет *e.* Для создания прямоугольного массива воспользуемся объектом *RectangularPatternFeature*, предварительно установив ее параметры в *RectangularPatternFeature-Definition* и реализовав их через *AddByDefinition.*

Далее нам необходимо достроить отступы первой и последней канавок шкива от торца. Для этого построим два эскиза, содержащие по одной окружности диаметром d_e: первый в координатной плоскости, совпадающей с торцом шкива, второй в предварительно смещенной на расстояние *N*e* от торца с помощью функции *AddByPlaneAndOffset* дополнительной рабочей плоскости. По каждому из полученных контуров произведем операции выдавливания на разнонаправленное расстояние *f-e/2*.

Завершающим этапом построения шкива является создание ступицы. Ее геометрия определяется параметрами L, d и d_1. Построение производится через две последовательные операции выдавливания с производными эскизами, представляющими собой окружности с центром на оси вращения шкива. Первая операция выдавливания *ExtrudeFeature* диаметром d производится на длину L с установкой параметра *kJoinOperation*, что инициирует создание твердого тела. Вторая операция с диаметром d_1 прорезает отверстие через все тело, требует установки параметра *kCutOperation и* использования функции *MethodAddByThroughAllExtent.*

Результаты исследования и их обсуждение

Некоторые результаты работы программы автоматизированного параметрического построения шкива клиноременной передачи представлены на рис. 5.

Очевидно, что рассмотренный метод параметрического моделирования достаточно эффективен и применим к построению моделей машиностроительных изделий. Некоторые сложности в его применении могут возникать вследствие необходимости наличия программистских компетенций у инженеров его использующих. Однако на современном этапе развития инженерной науки и образования данные компетенции уже не являются редкостью, а скорее входят в стандарт подготовки специалиста высокого класса. К тому же разработка таких программ, по крайней мере для Autodesk Inventor, возможна не только на достаточно сложном для освоения C++, но и, например, на Visual Basic [5].

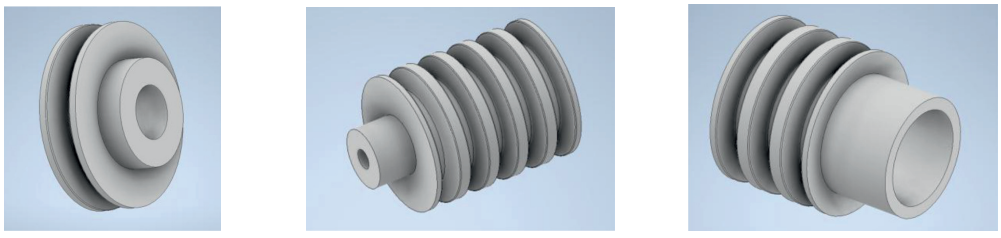


Рис. 5. Некоторые результаты построения

Также следует отметить, что такого рода программы с успехом могут являться частью более сложных подсистем, содержащих модули прочностного или иного расчета конструкции.

Заключение

Изложенный выше материал показывает возможность применения API Autodesk Inventor к задаче автоматизированного параметрического моделирования машиностроительных изделий. Данный метод обладает рядом преимуществ по сравнению с аналогами. Вместе с тем авторы предполагают развивать изучение использования API Autodesk Inventor в направлении автоматизированного проектирования сборочных единиц с целью создания полноценного конфигуратора.

Список литературы

1. Фролов И. Параметрическое моделирование: описание, методы, обзор программ [Электронный ресурс]. URL: https://fb.ru/article/459680/parametricheskoe-modelirovanie-opisanie-metodyi-obzor-programm (дата обращения: 20.07.2019).

2. Притыкин Ф.Н., Шмуленкова Е.Е. Основные элементы САПР металлорежущих инструментов при использовании параметрического 3d моделирования // Омский научный вестник. 2012. № 1 (107). С. 277–282.

3. Duy Nguyen Duc. Autodesk Inventor Programming In C++. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.scribd.com/document/362667271/Autodesk-Inventor-Programming-In-C (дата обращения: 20.07.2019).

4. ГОСТ 20889-88 Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 1988. 16 с.

5. Николай Свирневский. Обзор способов доступа к Inventor API. [Электронный ресурс]. URL: https://api-2d3d-cad.com/view_inventor_api (дата обращения: 20.07.2019).

УДК 519.676/.677

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Дорогобед А.Н., Кунцев В.Е., Кожевникова П.В.

ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта, e-mail: aira_dark@list.ru

На поисковом и разведочном этапах жизни месторождения исключительно важную роль занимает оценка достоверности геологических моделей, в итоге позволяющая определять коммерческие риски разработки проекта. Чаще всего при оценке степени достоверности построенных моделей используется стохастическое моделирование. Методы стохастического моделирования дают возможность получить репрезентативный набор данных, учитывающий неопределенность в структурных, литологических и петрофизических построениях. Основываясь на полученных данных, определяется достоверность построенной геологической модели, вероятные диапазоны разброса параметров модели, гистограммы распределения запасов, зоны повышенного риска бурения и др. Наиболее распространенным методом стохастического моделирования является метод случайных испытаний (метод Монте-Карло). В работе рассмотрен метод случайных испытаний на примере построения вариантов нечетких петрофизических моделей отношений между параметрами «пористость по ГИС» и «пористость по керну», «пористость по керну» и «остаточная водонасыщенность». Представлены результаты синтезированных данных и построенных нечетких петрофизических моделей. Результатом оценки достоверности петрофизических моделей является заключение, что построенные нечеткие петрофизические модели поглощают те возможные вариации, которые возникают в моделях за счет возможных погрешностей в исходных данных.

Ключевые слова: оценка достоверности, стохастическое моделирование, метод Монте-Карло, синтезирование данных, неоднородность данных, нечеткое моделирование

THE USE OF THE METHOD OF THE MONTE-CARLO FOR MONITORING THE ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF GEOLOGICAL MODELS

Dorogobed A.N., Kuntsev V.E., Kozhevnikova P.V.

Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: aira_dark@list.ru

At the prospecting and exploration stages of the field's life, the assessment of the reliability of geological models plays an extremely important role, as a result, allowing to determine the commercial risks of project development. Most often, stochastic modeling is used to assess the degree of reliability of the constructed models. Stochastic modeling methods make it possible to obtain a representative set of data, taking into account the uncertainty in the structural, lithological and petrophysical constructions. Based on the data obtained, the reliability of the geological model is determined, the probable ranges of the model parameters spread, histograms of reserves distribution, zones of increased risk of drilling, etc. the Most common method of stochastic modeling is the Monte Carlo method. The paper deals with the method of random tests (Monte Carlo) on the example of constructing variants of fuzzy petrophysical models of the relationship between the parameters «GIS porosity» and «core porosity», «core porosity» and «residual water saturation». The results of synthesized data and fuzzy petrophysical models are presented. The result of the experiments is the conclusion that the constructed fuzzy petrophysical models absorb those possible variations that arise in the models due to possible errors in the original data.

Keywords: reliability assessment, stochastic modeling, Monte-Carlo method, data synthesis, data heterogeneity, fuzzy modeling

На поисковом и разведочном этапах жизни месторождения исключительно важную роль занимает оценка достоверности геологических моделей, в итоге позволяющая определять коммерческие риски разработки проекта.

Задача многовариантного моделирования и вероятностной оценки геологических запасов нефти: дать полноценный анализ имеющейся геологической информации и определить значимые элементы геологического строения залежей, их удельный вес при оценке запасов и масштаб относительной ошибки.

При оценке степени достоверности построение моделей и рисков бурения новых скважин на основе 3D моделирования наиболее распространены два метода [1, 2]: перекрестной оценки (cross-validation) и стохастического моделирования с оценкой неопределенности (uncertainty assessment).

Методы *стохастического моделирования* дают возможность получить репрезентативный набор данных, учитывающий неопределенность в структурных, литологических и петрофизических построениях. На основании этих данных определяются достоверность построения геологической модели, возможные диапазоны разброса параметров модели, гистограммы распределения запасов, зоны повышенного риска бурения и др.

Наиболее распространенным методом стохастического моделирования является метод Монте-Карло – общее название группы численных методов, основанных на получении большого числа реализаций сто-

хастического (случайного) процесса, который формируется таким образом, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи [3–5].

Однако при работе с методом Монте-Карло трудно учесть и отразить внутренние связи между параметрами неопределённости. При работе с моделями эти связи отражаются в самом процессе моделирования и появляется возможность пространственной визуализации неопределённости в виде карт и кубов.

Цель исследования: осуществить контроль оценки достоверности построенных нечетких петрофизических моделей. Для этого проведем апробацию технологии нечеткого моделирования на различных вариантах исходных данных петрофизических зависимостей для физико-геологических параметров.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим метод случайных испытаний (Монте-Карло) на примере построения вариантов нечетких петрофизических моделей отношений между параметрами «пористость по ГИС» и «пористость по керну», «пористость по керну» и «остаточная водонасыщенность».

Синтезирование новых экспериментальных данных петрофизических зависимостей для физико-геологических параметров осуществляется с помощью метода случайных испытаний по заданным статистическим характеристиках (математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратичное отклонение), соответствующим распределению исходных данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Для зависимости пористости по керну от пористости по ГИС статистические характеристики следующие:

– Математическое ожидание: $MX = 6{,}07$; $MY = 6{,}18$.

– Дисперсия: $DX = 9{,}5$; $DY = 12{,}16$.

– Среднеквадратичное отклонение: $SX = 3{,}08$; $SY = 3{,}49$.

Новые наборы данных генерируются путем многократного повторения процедуры генерации случайных чисел по заданным характеристикам (математическое ожидание, дисперсия, интервал выборки) (рис. 1).

Полученные новые распределения данных зависимости пористости по керну от пористости по ГИС укладываются в статистические характеристики исходных данных. Отклонения между исходными данными и полученными методом случайных испытаний укладываются в 3,34 % и 3,41 % по X и Y для первого варианта и 3,53 % и 3,42 % по X и Y для второго варианта.

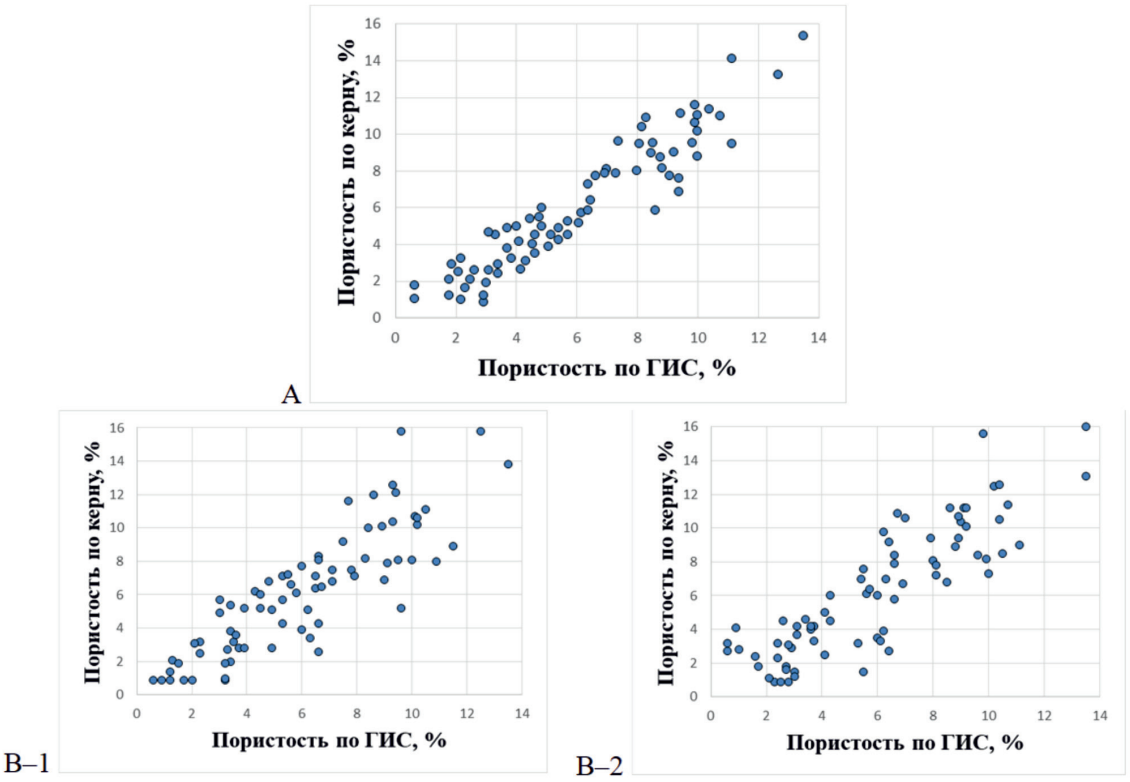


Рис. 1. Зависимость коэффициента пористости по керну от коэффициента пористости по ГИС: А – исходные данные, В-1 и В-2 – синтезированные варианты 1 и 2 методом случайных испытаний

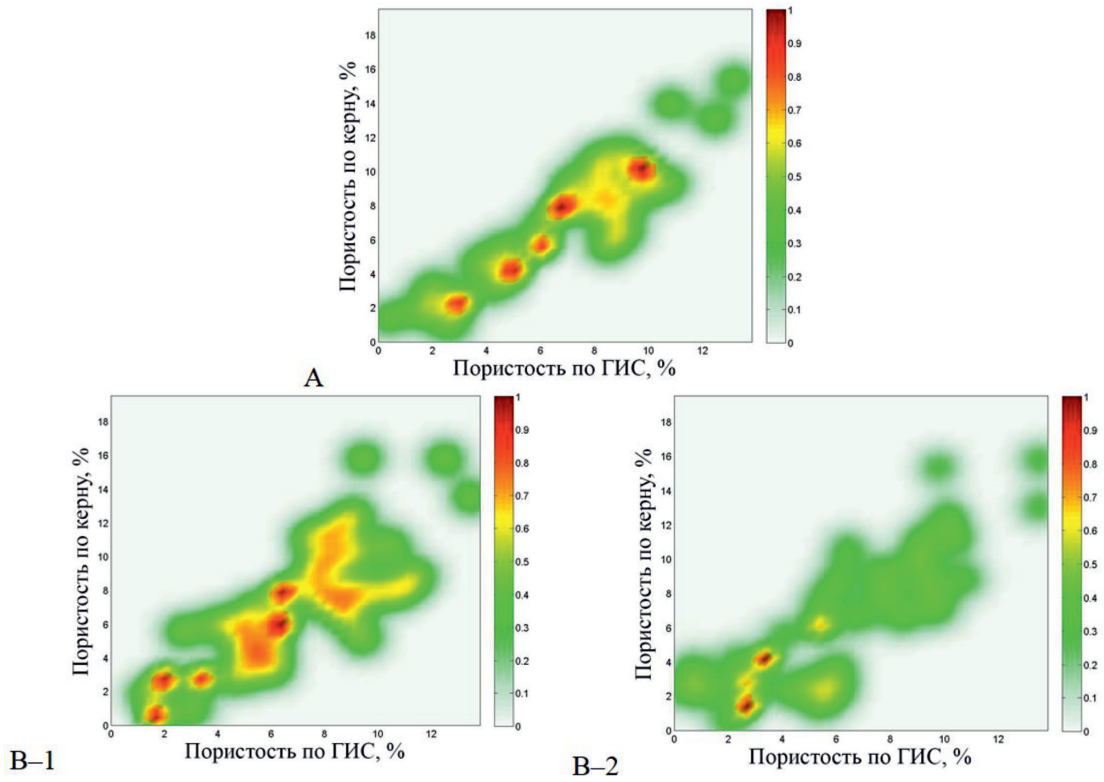


Рис. 2. Нечеткие петрофизические модели «пористость по керну – пористость по ГИС»: А – построенная по исходным данным, В-1 и В-2 – построенные по синтезированным вариантам 1 и 2 методом случайных испытаний

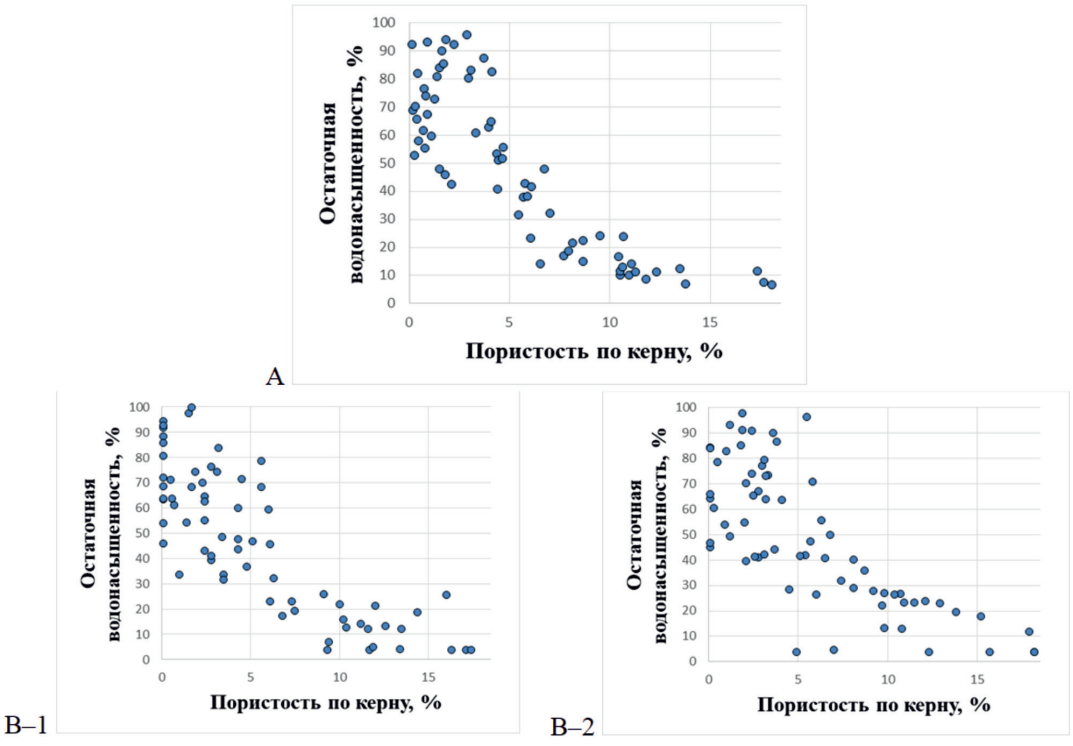


Рис. 3. Зависимость остаточной водонасыщенности от пористости по керну: А – исходные данные, В-1 и В-2 – синтезированные варианты 1 и 2 методом случайных испытаний

По исходным данным и рассчитанным новым вариантам модели построены нечеткие петрофизические модели (рис. 2).

Новые варианты синтезированных данных не несут дополнительной информации, но добавляют неопределенность в и так неоднородные данные.

Для зависимости остаточной водонасыщенности от пористости по керну статистические характеристики следующие:

– Математическое ожидание: MX = 5,73; MY = 46,99.

– Дисперсия: DX = 24,43; DY = 844,22.

– Среднеквадратичное отклонение: *SX* = 4,94; *SY* = 29,06.

Новые наборы данных генерируются путем многократного повторения процедуры генерации случайных чисел по заданным характеристикам (математическое ожидание, дисперсия, интервал выборки) (рис. 3).

Полученные новые распределения данных зависимости остаточной водонасыщенности от пористости по керну укладываются в статистические характеристики исходных данных. Так же, как и для первой зависимости, отклонения между исходными данными и полученными методом случайных испытаний не превышают 5 %: 4,05 % и 4,28 % по X и Y для первого варианта и 4,07 % и 4,62 % по X и Y для второго варианта.

По исходным данным и рассчитанным новым вариантам зависимости остаточной водонасыщенности от пористости также построены нечеткие петрофизические модели (рис. 4).

Так же как для отношения пористости по керну от пористости по ГИС, новые варианты синтезированных данных для отношения остаточной водонасыщенности от пористости по керну не несут дополнительной информации, добавляя неопределенность в исходные данные.

Расчет взаимосвязи между параметрами пористости по ГИС и остаточной водонасыщенности реализуется через промежуточный параметр «пористость по керну». Исключение зависимых нечетких переменных при конструировании нечеткой петрофизической модели «остаточная водонасыщенность – пористость по ГИС» осуществляется путем расчета композиции Мамдани [6, 7] между нечетким отношением «пористость по керну – пористость по ГИС» и нечетким отношением «остаточная водонасыщенность – пористость по керну», где исключающим параметром является пористость по керну. Результаты композиций для исходных и синтезированных данных представлены на рис. 5.

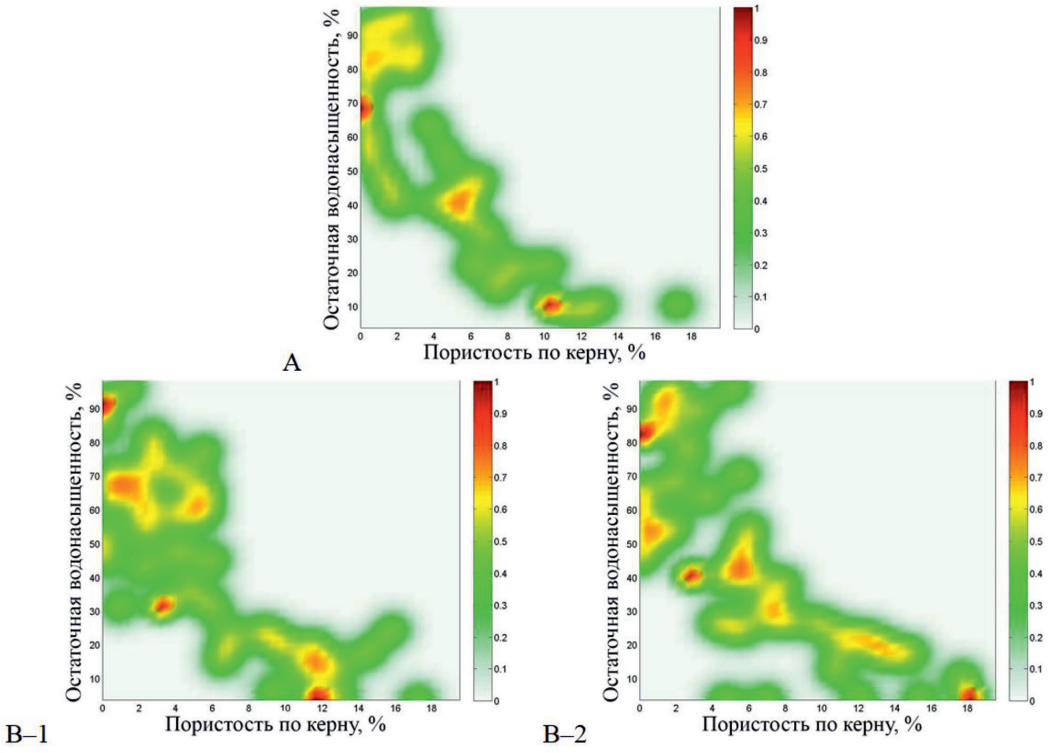


Рис. 4. Нечеткие петрофизические модели «остаточная водонасыщеность – пористость по керну»: А – построенная по исходным данным, В-1 и В-2 – построенные по синтезированным вариантам 1 и 2 методом случайных испытаний

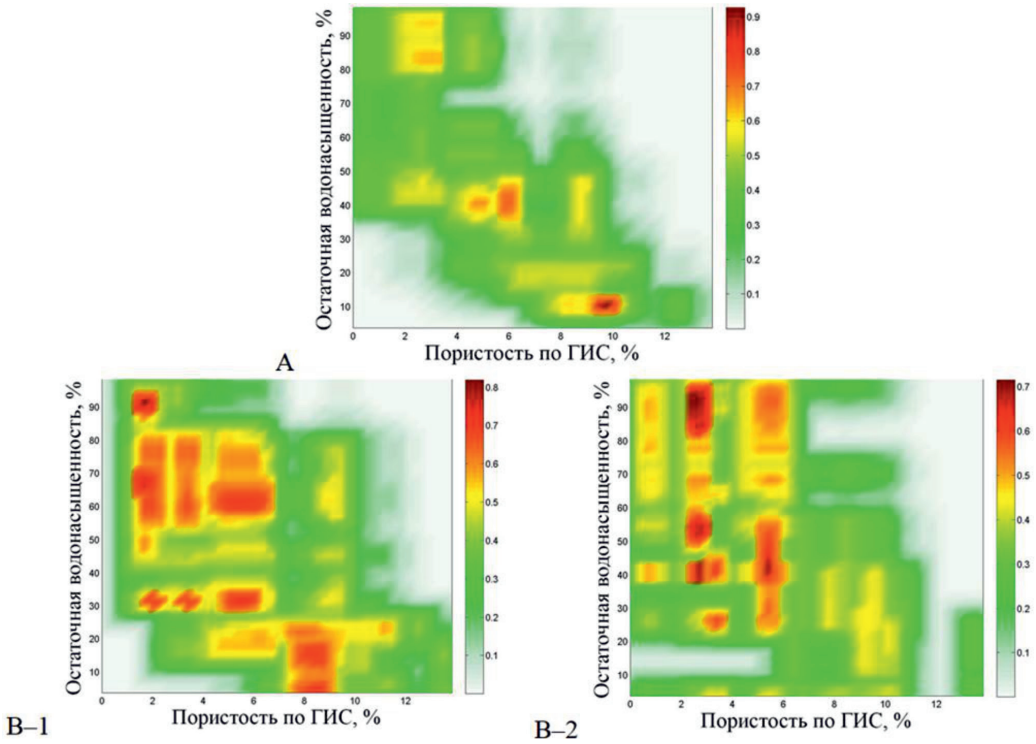


Рис. 5. Нечеткие петрофизические модели «остаточная водонасыщеность – пористость по ГИС»: А – построенная по исходным данным, В – построенные по синтезированным вариантам 1 и 2 методом случайных испытаний

Заключение

Результатом оценки является заключение, что построенные нечеткие петрофизические модели вполне поглощают те возможные вариации, которые возникают в моделях за счет возможных погрешностей в исходных данных.

Многовариантное моделирование в геологии, на основе статистических данных, позволяет получить новые варианты геологических моделей, позволяющих оценить достоверность построенных моделей.

Результаты, полученные методами стохастического моделирования, дают новые варианты синтезированных данных, которые не несут дополнительной информации, но добавляют неопределенность в и так неоднородные данные.

Список литературы

1. Дюбрул О. Использование геостатистики для включения в геологическую модель сейсмических данных. М.: EAGE publication, 2002. 296 с.

2. Yarus J.M., Chambers R.L. Practical Geostatistics – an Armchair Overview for Petroleum Reservoir Engineers. Journal of Petroleum Technology. 2006. vol. 58. no. 11. P. 78–86.

3. Дерюшев А.Б., Потехин Д.В. Применение многовариантного моделирования при распределении Кп с целью оценки достоверности построения трехмерных литолого-фациальных моделей на примере Нижнетиманских отложений Кирилловского месторождения // Нефтегазовое и горное дело. 2012. № 5. С. 32–38.

4. Путилов И.С. Многовариантный прогноз коллекторов по данным 3D-сейсморазведки // Технологии сейсморазведки. 2013. № 1. С. 59–64.

5. Потехин Д.В. Оптимизация технологии многовариантного трехмерного геологического моделирования залежей нефти и газа: дис… канд. тех. наук. Пермь, 2014. 151 с.

6. Кобрунов А.И., Дорогобед А.Н., Кожевникова П.В. Метод нечеткого логического вывода и информационная обеспеченность результатов моделирования в нефтегазовой геологии // Геоинформатика. 2016. № 2. С. 35–40.

7. Кобрунов А.И., Дорогобед А.Н., Кожевникова П.В. Элементы информационной экспертизы результатов геологического моделирования в нефтегазовой геологии // Геофизика. 2017. № 1. С. 16–21.

УДК 004.052:004.056.55

РАЗРАБОТКА МЕТОДА НЕЛИНЕЙНОГО ШИФРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАЦИИ ВОЗВЕДЕНИЯ В СТЕПЕНЬ ДЛЯ КОНЕЧНОГО ПОЛЯ ГАЛУА

[1]Калмыков И.А., [1]Степанова Е.П., [1]Калмыков М.И., [2]Тынчеров К.Т.

[1]ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, e-mail: kia762@yandex.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Октябрьский

Для повышения помехозащищенности низкоорбитальных систем спутниковой связи (НССС) необходимо увеличивать информационную скрытность. Одним из наиболее эффективных методов повышения информационной скрытности является применение систем шифрования. В настоящее время широко используются системы с побитовым шифрованием. Достоинством таких поточных шифросистем является скорость закрытия данных, которая совпадает со скоростью поступления открытых данных. Однако данный метод зашифрования и расшифрования, построенный на основе суммирования по модулю два открытой информации с шифрующей гаммой, полученной из псевдослучайной последовательности (ПСП), не обладает достаточной криптостойкостью. Обладая определенным числом символов открытого и зашифрованного текста, можно однозначно определить структуру генератора ПСП. Устранить данный недостаток можно за счет применения методов нелинейного шифрования, в которых используется совокупность мультипликативных и аддитивных операций в конечных полях Галуа. Реализация метода защиты информации на основе совокупности операций по модулю в конечном поле Галуа приводит к повышению информационной скрытности НССС. Поэтому разработка метода нелинейного шифрования данных на основе процедуры возведения в степень для поля Галуа является актуальной задачей. Однако не все такие методы обладают достаточной производительностью. Поэтому цель статьи – повысить скорость выполнения нелинейного шифрования данных за счет реализации операции возведения в степень в полях Галуа.

Ключевые слова: информационная скрытность, алгоритмы поточного зашифрования, нелинейные методы зашифрования, конечные поля Галуа

DEVELOPMENT OF A METHOD NONLINEAR ENCRYPTION INFORMATION, USING THE OPERATION OF EXPONENTIATION FOR FINITE FIELD GALOIS

[1]Kalmykov I.A., [1]Stepanova E.P., [1]Kalmykov M.I., [2]Tyncherov K.T.

[1]Federal State Autonomous Educational Institution Higher Professional Education North-Caucasian Federal University, Stavropol, e-mail: kia762@yandex.ru;
[2]Branch of Ufa State Petroleum Technological University in the City, Oktyabrskiy

To increase noise immunity of low-orbit satellite communication systems (LOSCSs) it is necessary to increase information secrecy. One of the most effective methods of increasing information secrecy is the use of encryption systems. Currently, bit-encrypted systems are widely used. The advantage of such stream cipher systems is the speed of data closure, which coincides with the speed of receipt of open data. However, this method of encryption and decryption, built on the basis of summing modulo two open information with encryption gamma obtained from pseudorandom sequence (PRS), does not have sufficient cryptographic stability. Having a certain number of characters of the open and encrypted text, it is possible to define unambiguously structure of the generator of PRS. This disadvantage can be eliminated by using nonlinear encryption methods, which use a set of multiplicative and additive operations in finite Galois fields. The implementation of the method of information security based on a set of operations on the module in the final Galois field leads to an increase in the information secrecy of the LOSCSs. Therefore, the development of a method of nonlinear data encryption based on the procedure of exponentiation for the Galois field is an urgent task. However, not all such methods have sufficient performance. Therefore, the purpose of the article is to increase the speed of non-linear data encryption by implementing the exponentiation operation in Galois fields.

Keywords: information stealth, stream encryption algorithms, nonlinear encryption methods, finite Galois fields

Одним из основных составных частей помехозащищенности низкоорбитальных систем спутниковой связи (НССС) является обеспечение информационной скрытности [1–3]. Очевидно, что информационная скрытность задается способностью НССС противостоять деструктивным воздействиям, которые направлены на извлечение информации из передаваемых по каналам связи сигналов. В этом случае раскрытия смысла передаваемой информации связано с отождествлением каждой совокупности принятого сигналов с содержание сообщения [4]. Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих повысить информационную скрытность НССС, является использование систем шифрования. В настоящее время создано значительное количество различных алгоритмов криптографической защиты. Особое место среди таких методов занимают алгоритмы нелинейные шифрования (НШ), в которых используется совокупность мультипликативных и аддитивных операций в конечных полях Галуа. Реализация метода защиты информации на основе

совокупности операций по модулю в конечном поле Галуа приводит к повышению информационной скрытности НССС. Поэтому разработка метода нелинейного шифрования данных на основе процедуры возведения в степень для поля Галуа является актуальной задачей.

Современные низкоорбитальные системы спутниковой связи должны обладать высокой информационной скрытностью. По мере увеличения трафика передаваемых данных и повышения скорости передачи информации особое внимание приобретают методы поточного шифрования. Однако, обеспечивая высокую скорость закрытия информации, поточные шифры, построенные на основе сложения по модулю два потока открытых данных с шифрующей гаммой, представляющей собой набор псевдослучайных символов, не обладают достаточной информационной стойкостью. Это связано с тем, что обратная функция шифрования базируется на выполнении одной аддитивной операции. Устранить данный недостаток позволяют методы нелинейного шифрования. Однако не все они обладают достаточной производительностью. Поэтому цель статьи – повысить скорость выполнения нелинейного шифрования данных за счет реализации операции возведения в степень в полях Галуа.

Материалы и методы исследования

Информационная скрытность низкоорбитальной системы спутниковой связи во многом определяется степенью защищенности информации от случайных и преднамеренных воздействий нарушителей. Такие деструктивные воздействия могут привести к значительному ущербу субъектам, которые являются владельцами передаваемой по НССС информации. Для устранения данного недостатка широко используются методы шифрования. Особое место занимают поточные системы шифрования, так как обеспечивают достаточно высокую скорость зашифрования [5]. В качестве генератора шифрующей гаммы в таких системах предлагается использовать генераторы, вырабатывающие псевдослучайную последовательность. В работах [5–7] показаны методы и схемные решения систем поточного шифрования, которые реализуются с использованием целочисленных алгебраических систем на основе регистров сдвига с линейной обратной связью. При этом поточный шифр, построенный на основе модульной операции сложении потока псевдослучайных битов, полученных с помощью многотактных кодовых фильтров, с битами потока открытых данных теоретически имеет высокую информационную скрытность. Однако такие системы имеют недостаток – недостаточная криптостойкость из-за возможности вскрытия при наличии определенного числа символов открытого текста и соответствующему ему зашифрованного текста.

Устранить отмеченный недостаток позволяют методы нелинейного шифрования, которые эффективно реализуются в конечных полях Галуа. В отличие от поточного шифрования, в котором прямое и обратное криптопреобразование выполняется с помощью одной операции, методы нелинейного шифрования имеют более широкие возможности по обеспечению информационной скрытности передаваемых данных [8]. Это связано с тем, что в таких системах НШ используются преобразования, реализующие как отдельные аддитивные и мультипликативные операции, так и их различные комбинации В качестве примера можно представить следующие методы НШ

$$\tilde{p}(x)+\tilde{k}(x)\equiv\tilde{c}(x)\bmod\eta(x)\,, \qquad (1)$$

$$\tilde{p}(x)\tilde{k}(x)\equiv\tilde{c}(x)\bmod\eta(x)\,, \qquad (2)$$

$$\tilde{p}(x)^{\tilde{k}}\equiv\tilde{c}(x)\bmod\eta(x)\,, \qquad (3)$$

где $\tilde{p}(x)$ – полиномиальная форма блока открытых данных длиной L разрядов; $\tilde{c}(x)$ – полиномиальная форма блока зашифрованных данных длиной L разрядов; $\tilde{k}(x)$ – полиномиальная форма ключа длиной L разрядов; $\deg\eta(x)=L$ – степень порождающего полинома $\eta(x)$ – множество ключевых данных.

Рассмотрим метод нелинейного шифрования, реализуемый в поле Галуа, который в своей основе имеет метод возведения в степень элементов $GF(2^L)$. Для реализации данного метода необходимо использовать неприводимый полином $\eta(x)$. На основе данного полинома порождаются ненулевые элементы мультипликативной группы. Если положить, что степень порождающего полинома равна L, то входной поток открытых данных необходимо разделить на блоки длиной L бит. Тогда полиномиальная форма полученного блока открытых данных имеет вид

$$p_j(x)=p_{L-1}x^{L-1}+p_{L-2}x^{L-2}+\ldots+p_2x^2+p_1x^1+p_0\,, \qquad (4)$$

где $p_{L-1},\ldots,p_0$ – двоичные разряды j-го блока открытых данных; $p_v\in\{0,1\}$, $v=0,1,\ldots,L-1$.

Таким образом, для j-го блока, представленного в полиномиальной форме в виде многочлена $p_j(x)$, справедливо

$$\deg p_j(x)<\deg\eta(x). \qquad (5)$$

В этом случае данный блок, длиной L двоичных разрядов, считается элементом $GF(2^L)$. Для реализации процедуры шифрования на основе возведения в степень элемента расширенного поля Галуа вычисляются значения псевдослучайной последовательности X. Если обеспечить устранение блока, состоящего из L нулей, то ключевую последовательность, представляющую собой ПСП, можно записать в виде кортежа ненулевых числе

$$\tilde{k}=\{k_0,k_1,k_2,\ldots\}. \qquad (6)$$

Тогда зашифрование потока данных для $j=0$, 1, …. будет выполняться согласно

$$c_j(x)=p_j^{k_{ji}}(x)\bmod\eta(x), \qquad (7)$$

где $c_j(x)$ – j-й блок зашифрованных данных, представленный в полиномиальной форме;

Процедура расшифрования потока на приемной стороне является обратной задачей уравнения (7). Тогда для получения j-й блока открытых данных необходимо реализовать

$$\sqrt[k_j]{c_j(x)}\equiv p_j(x)\,. \qquad (8)$$

Для получения ключевой последовательности $\tilde{k} = \{k_0, k_1, k_2, ...\}$ можно использовать многотактовые кодовые фильтры, построенные на основе регистров сдвига. Так как операция возведения в степень элементов конечного поля реализуется по модулю порождающего полинома η(x), то для повышения скорости выполнения данной процедуры целесообразно использовать быстрый алгоритм возведения в степень. Согласно [крипт] на данную итерацию зашифрования потребуется не более $2[\log_2 k_j]$ операций умножений. Если считать, что *j*-й блок ключевой последовательности удовлетворяет условию

$$2^{L-1} \le k_j < 2^L, \tag{9}$$

то очевидно, что $[\log_2 k_j] = L - 1$. Таким образом, очевидно следующее противоречие. Для обеспечения высокой информационной скрытности НССС необходимо увеличивать порядок конечного поля Галуа. Но при этом происходит снижение скорости выполнения шифрования. Устранить данное противоречие позволит разработанный метод нелинейного шифрования информации с использованием операции возведения в степень в сумме полей Галуа. Такой переход от шифрования блока данных $p_j(x)$ длиной L бит, к параллельному шифрованию блоков меньшей длины $m_i^j(x)$ позволяет повысить скорость шифрования. Это обусловлено изоморфизмом китайской теоремы об остатках (КТО).

В этом случае используется сумма конечных полей Галуа, имеющая вид

$$GF(2^L) = GF(2^{L_1}) + GF(2^{L_2}) + GF(2^{L_3}) + ... + GF(2^{L_n}), \tag{10}$$

где $L = L_1 + L_2 + ... + L_n$.

Для реализации разработанного метода нелинейного шифрования с использованием операции возведения в степень в сумме конечных полей Галуа необходимо разбить исходный блок $p_j(x)$ длиной L бит согласно

$$p_j(x) = m_j^1(x) \,||\, m_j^2(x) \,||\, m_j^3(x) \,||\, ... \,||\, m_j^n(x), \tag{11}$$

где || – операция конкатенация; $\deg \eta(x) = \sum_{i=1}^{n} \deg \eta^i(x)$; $\eta^i(x)$ – порождающий полином конечного поля Галуа $GF(2^{L_i})$; $L_i = \deg \eta^i(x)$.

Тогда процесс зашифрования описывается выражением

$$\begin{cases} c_j^1(x) = (m_j^1(x))^{k_j^1} \bmod \eta^1(x), \\ \vdots \\ c_j^n(x) = (m_j^n(x))^{k_j^n} \bmod \eta^n(x). \end{cases} \tag{12}$$

Процедура расшифрования в сумме конечных полей Галуа будет определяться

$$\begin{cases} \sqrt[k_j^1]{c_j^1(x)} \equiv m_j^1(x) \bmod \eta^1(x), \\ \vdots \\ \sqrt[k_j^n]{c_j^n(x)} \equiv m_j^n(x) \bmod \eta^n(x). \end{cases} \tag{13}$$

Если в выбранном наборе конечных полей справедливо $\max \deg \eta^i(x) = w$, то при использовании быстрого алгоритма возведения в степень на выполнение одной итерации зашифрования потребуется не более $2[\log_2 k_j^w]$ операций умножений. Если учесть, что имеем $w < L$, то, очевидно, разработанный метод нелинейного шифрования с использованием операции возведения в степень в сумме конечных полей Галуа позволяет повысить скорость закрытия информации.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим реализацию разработанного метода нелинейного шифрования с использованием операции возведения в степень в сумме конечных полей Галуа. В качестве конечных полей Галуа выбираем $GF(2^3)$ с порождающим полиномом $\eta^1(x) = x^3 + x + 1$, $GF(2^4)$ с порождающим полиномом $\eta^2(x) = x^4 + x + 1$ и $GF(2^5)$ с порождающим полиномом $\eta^3(x) = x^5 + x^2 + 1$. Пусть задан поток открытых данных, представленный в шестнадцатеричной системе счисления $\tilde{p} = DEDF354FF$. Для получения ключевой последовательности был использован генератор ПСП, с выхода которого была снята последовательность чисел $\tilde{k} = 92F57DD17$. Так как степень первого порождающего полинома равна $\deg \eta^1(x) = 3$, второго полинома – $\deg \eta^2(x) = 4$, а третьего многочлена – $\deg \eta^3(x) = 5$, входной поток разбиваем по блоками по 12 бит. Аналогично поступаем и с ключевой последовательностью.

Рассмотрим первую итерацию процесса зашифрования. Для этого представим данные в двоичном коде. Тогда получаем

$$\tilde{p}_1 = DED = 110\ 1111\ 01101_2;\ \tilde{k}_1 = 92F_{16} = 100\ 1001\ 01111_2.$$

Таким образом, для поля Галуа $GF(2^3)$ получаем значения первого блока данных $m_1^1(x) = 110_2 = x^2 + x$ и ключа $k_1^1(x) = 100_2 = 4$. Для поля Галуа GF(2^4) значение первого блока данных равно $m_1^2(x) = 1111_2 = x^3 + x^2 + x + 1$, а значение ключа $k_1^2(x) = 1001_2 = 9$. Для поля Галуа $GF(2^5)$ получаем первый блок данных равный $m_1^3(x) = 01101_2 = x^3 + x^2 + 1$, а значение ключа $k_1^3(x) = 01111_2 = 15$. Воспользуемся выражением (12). Получаем

$$\begin{cases} c_1^1(x) = (m_1^1(x))^{k_1^1} \bmod \eta^1(x) = (x^2 + x)^4 \bmod x^3 + x + 1 = x^2 = 100, \\ c_1^2(x) = (m_1^2(x))^{k_1^2} \bmod \eta^2(x) = (x^3 + x^2 + x + 1)^9 \bmod x^4 + x + 1 = x^3 = 1000, \\ c_1^3(x) = (m_1^3(x))^{k_1^3} \bmod \eta^3(x) = (x^3 + x^2 + 1)^{15} \bmod x^5 + x^2 + 1 = x^3 + x + 1 = 01011. \end{cases}$$

Выполним вторую итерацию шифрования. Тогда получаем

$$\tilde{p}_2 = F35_{16} = 111\ 1001\ 10101_2;\ \tilde{k}_2 = 57D_{16} = 101\ 0111\ 11011_2.$$

Таким образом, для поля Галуа $GF(2^3)$ получаем значения первого блока данных равный $m_2^1(x) = 111_2 = x^2 + x + 1$ и ключа $k_2^1(x) = 010_2 = 2$. Для поля Галуа $GF(2^4)$ значение первого блока данных равно $m_2^2(x) = 1001_2 = x^3 + 1$, а значение ключа $k_2^2(x) = 1011_2 = 11$. Для поля Галуа $GF(2^5)$ получаем первый блок данных равный $m_2^3(x) = 10101_2 = x^4 + x^2 + 1$, а значение ключа $k_2^3(x) = 11101_2 = 29$. Тогда получаем

$$\begin{cases} c_2^1(x) = (m_2^1(x))^{k_2^1} \bmod \eta^1(x) = (x^2 + x + 1)^2 \bmod x^3 + x + 1 = x + 1 = 011, \\ c_2^2(x) = (m_2^2(x))^{k_2^2} \bmod \eta^2(x) = (x^3 + 1)^{11} \bmod x^4 + x + 1 = x + 1 = 0011, \\ c_2^3(x) = (m_2^3(x))^{k_2^3} \bmod \eta^3(x) = (x^4 + x^2 + 1)^{29} \bmod x^5 + x^2 + 1 = x + 1 = 00011. \end{cases}$$

Выполним третью итерацию шифрования. Тогда получаем

$$\tilde{p}_3 = 4FF_{16} = 010\ 0111\ 11111_2;\ \tilde{k}_3 = D17_{16} = 110\ 1000\ 10111_2.$$

Для поля Галуа $GF(2^3)$ получаем значения первого блока данных равные $m_3^1(x) = 010_2 = x$ и ключа $k_3^1(x) = 110_2 = 6$. Для поля Галуа $GF(2^4)$ значение первого блока данных равно $m_3^2(x) = 0111_2 = x^2 + x + 1$, а значение ключа $k_3^2(x) = 1000_2 = 8$. Для поля Галуа $GF(2^5)$ получаем первый блок данных равный $m_3^3(x) = 11111_2 = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$, а значение ключа $k_3^3(x) = 10111_2 = 23$. Тогда получаем

$$\begin{cases} c_3^1(x) = (m_3^1(x))^{k_3^1} \bmod \eta^1(x) = (x)^6 \bmod x^3 + x + 1 = x^2 + 1 = 101, \\ c_3^2(x) = (m_3^2(x))^{k_3^2} \bmod \eta^2(x) = (x^2 + x + 1)^8 \bmod x^4 + x + 1 = x^2 + x = 0110, \\ c_3^3(x) = (m_3^3(x))^{k_3^3} \bmod \eta^3(x) = (x^4 + x^3 + x^2 + x + 1)^{23} \bmod x^5 + x^2 + 1 = x^4 = 10000. \end{cases}$$

В рассмотренном примере имеем $\max \deg \eta^i(x) = 5$. Тогда при использовании быстрого алгоритма возведения в степень на выполнение одной итерации зашифрования потребуется $N_1 = 2[\log_2 k_j^w] = 10$ операций умножений. Так как $\deg \eta(x) = \sum_{i=1}^{3} \deg \eta^i(x) = 12$ бит, то для выполнения операции возведения в степень по модулю $\eta(x)$ потребуется $N_2 = 2[\log_2 \tilde{k}_j] = 24$ операций умножения. Таким образом очевидно, что разработанный метод нелинейного шифрования с использованием операции возведения в степень в сумме конечных полей Галуа позволяет повысить скорость закрытия информации в 2,4 раза по сравнению с использованием одного модуля разрядностью 12 бит.

Выводы

В статье рассмотрен вопрос повышения помехозащищенности низкоорбитальных

систем спутниковой связи за счет увеличения информационной скрытности НССС. Для достижения поставленной цели было предложено использовать криптографические методы защиты информации. Проведенные исследования систем шифрования показали целесообразность применения нелинейных методов зашифрования, в которых применяются мультипликативные и аддитивные операции в полях Галуа. В статье приведен разработанный метод нелинейного шифрования данных на основе процедуры возведения в степень для поля Галуа. Проведенные исследования показали, что использование данного метода нелинейного шифрования, реализованного в сумме конечных полей Галуа, позволяет повысить скорость закрытия информации в 2,4 раза по сравнению с использованием одного модуля разрядностью 12 бит.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-07-01020.

Список литературы

1. Pashintsev V.P., Zhuk A.P., Kalmykov M.I., Rezenkov D.N. Application of spoof resistant authentication protocol of spacecraft in low earth orbit systems of satellite communication. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. № 9 (5). P. 958–965.

2. Максимов М.В. Защита от радиопомех. М.: «Сов. радио», 1976. 496 с.

3. Дворников С.В. Оценка имитостойкости каналов управления с частотной модуляцией // Информация и космос. 2016. № 1. С. 32–35.

4. Куприянов А.И., Шустов Л.Н. Радиоэлектронная борьба. Основы теории. М.: Вузовская книга, 2016. 800 с.

5. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. М.: Издательство ТРИУМФ, 2003. 816 с.

6. Рябко Б.Я., Фионов А.Н. Криптографические методы защиты информации. М.: Горячая линия – Телеком, 2017. 229 с.

7. Запечников С.В. Криптографические протоколы и их применение в финансовой и коммерческой деятельности. М.: Горячая линия – Телеком, 2015. 256 с.

8. Клен Р.М., Борисов Е.А. Нелинейные системы на службе защиты данных // Информационная безопасность. 2014. № 6. С. 38–39.

УДК 004:007.51:37

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОКАЗАНИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

[1]Нецветаева К.М., [2]Старцева О.Г., [1]Богданова Д.Р., [1]Котельников В.А.

[1]ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: netsvetaeva.ksenia@gmail.com;

[2]ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа, e-mail: starcevaog@mail.ru

В статье рассматриваются проблемы оказания дистанционных образовательных услуг. Предлагается подход к управлению процессом оказания образовательных услуг в дистанционном обучении, основанный на подборе учебного плана, учитывающего индивидуальные особенности потребителя образовательных услуг. Статья посвящена разработке и реализации методов определения уровня знаний студента в условиях дистанционного обучения, содержащего информацию о готовности обучаемого к дистанционной форме обучения, уровне знаний и репрезентативной системе, с последующей классификацией потребителей образовательных услуг и подбора индивидуального плана обучения на основе нечеткой информации с учётом мнения группы экспертов. В работе проведен анализ специфики дистанционного образования, рассмотрены существующие проблемы, выявлены его плюсы и минусы. Разработан подход к решению задачи определения профиля студента с учетом индивидуальных особенностей, которые включают информационный, функциональный и структурный аспекты системы и сформулированы системные требования. Разработан подход для классификации потребителей дистанционного обучения с использованием методов нечеткой логики, который учитывает субъективную информацию о клиентах, которая вносится на этапе анкетирования студентов. Применение аппарата нечеткой логики и механизма группового согласования мнений экспертов позволяет нивелировать влияние субъективного фактора в процессе оценки профиля студента.

Ключевые слова: профиль студента, нечеткие деревья решений, согласование мнений экспертов, дистанционное обучение

MANAGING PROCESS OF PROVIDING SERVICES DISTANCE LEARNING ON THE BASIS OF STUDENTS INDIVIDUAL FEATURES

[1]Netsvetaeva K.M., [2]Startseva O.G., [1]Bogdanova D.R., [1]Kotelnikov V.A.

[1]Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: netsvetaeva.ksenia@gmail.com;

[2]Bashkir State Pedagogical University, Ufa, e-mail: starcevaog@mail.ru

The article deals with the problems of providing services distance learning. It offers approach to managing process of providing educational services in distance learning, based on selection of the curriculum that takes account the individual characteristics of the consumer of educational services. The article is devoted to the development and implementation of methods for determining the level of a student's knowledge in distance learning, containing information about the student's readiness for distance learning, the level of knowledge and a representative system, followed by classifying consumers of educational services and selecting an individual learning plan based on fuzzy information, taking into account experts group opinion. The paper analyzes the specifics of distance learning, examines existing problems, reveals advantages and disadvantages. An approach to solving the problem of determining a student's profile has been developed, taking account individual features that included informational, functional and structural aspects of the system and formulated system requirements. An approach has been developed for classifying consumers of distance learning using fuzzy logic methods, which takes account of subjective information about customers, which is entered at the stage of students' questioning. The use of the apparatus of fuzzy logic and the mechanism of group coordination of expert opinions allows leveling the influence of the subjective factor in the process of assessing the student's profile.

Keywords: student profile, fuzzy decision trees, agreement of expert opinions, distance learning

Появление и широкое распространение дистанционного обучения (ДО) является следствием глобальных изменений структуры общества. Постоянно совершенствующиеся технологии и современный темп жизни человека влияет на процесс получения новых знаний и процесс образования в целом, теперь получать знания можно не конкретно находясь в городе, а из любой удобной точки мира. В условиях жесткой конкуренции на рынке труда человек должен постоянно осваивать новые умения и получать знания, повышать свою квалификацию и осваивать смежные.

Процесс обучения, построенный с использованием дистанционных технологий, отличается гибкостью в подборе учебных программ, а также в вопросах времени обучения. Система дистанционного образования является сложной социально-экономической системой, в условиях которой необходимо разработать модели и методы

поддержки принятия решений при управлении образовательным процессом. Актуальной задачей является разработка специального подхода к организации процесса дистанционного образования, который позволит учитывать индивидуальные характеристики студента при подборе индивидуального плана обучения, а также выбор способа подачи информации в процессе обучения и учет качественной самооценки студентом своего уровня знаний.

Система дистанционного образования представляет собой сложную социально-экономическую систему с возможностью гибкого управления и настройки. Взаимосвязь современных технологий и существующих методов образования в условиях дистанционного обучения позволит студенту получать учебные материалы и задания без личного присутствия в удобное время в процессе обучения.

Специфика ДО определяет необходимость в теоретическом обосновании проблем дистанционного обучения различного характера: организационного, методического, правового, психологического и т.д. Выделяют следующие проблемы: недостаточный контроль уровня знаний студентов, в процессе обучения; непроработанные требования к содержанию учебных материалов и содержанию курсов в условиях дистанционного обучения; недостаточность понимания в необходимом и достаточном уровне образования студента на момент поступления, а также отсутствие понимания цели и вектора обучения; отсутствие явных рычагов мотивации преподавательского состава к внедрению и использованию дистанционного образования в работе; сложность переобучения профессоров, доцентов и преподавателей в высших учебных заведениях компьютерным технологиям; устоявшаяся вера в непоколебимость традиционных форм обучения; отсутствие необходимого учета индивидуальных особенностей обучающихся при создании учебных планов и необходимой документации в условиях дистанционного обучения. Также следует выделить проблему в недостаточной проработанности моделей, методов, а также необходимых инструментов, обеспечивающих поддержку процесса управления дистанционным обучением студентов.

Для обеспечения качественного образования вуз должен организовать процесс дистанционного обучения студентов так, чтобы он был максимально эффективным. Традиционно в системах дистанционного обучения управление процессом обучения подразумевает: назначение курсов (индивидуальное и групповое, автоматическое по описанным в системе правилам, по итогам тестирования или других форм оценки); завершение курсов; контроль сроков обучения (рассылка уведомлений, аналитические отчеты) [1].

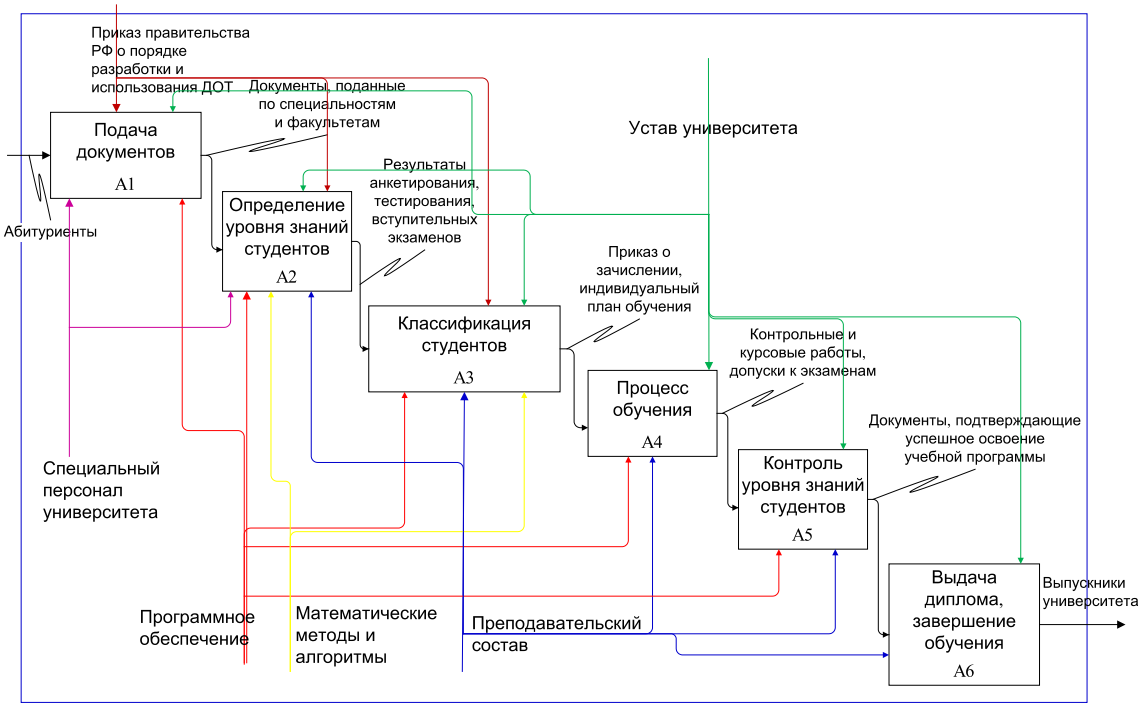
Образовательный процесс при ДО обеспечивают следующие специалисты: преподаватели – разработчики курсов и преподаватели-консультанты (тьюторы); администраторы-руководители структурных подразделений и системные администраторы информационных ресурсов; дизайнеры и программисты; персонал технической поддержки. Для обеспечения согласованной работы всех специалистов необходима система поддержки процессов организации дистанционного обучения студентов. На рисунке представлена функциональная модель организации процесса ДО в учебном учреждении.

Для организации персонифицированного дистанционного образования необходимо адекватно составить учебный план, он должен адаптироваться к особенностям студента. Предлагаемый подход к персонификации процесса ДО состоит из таких этапов, как самооценка студента через анкетирование, оценка параметров анкеты, составление профиля студента, кластеризация студентов, составление адекватного учебного плана.

Таким образом, целью исследования является разработка специального математического и алгоритмического обеспечения системы поддержки процессов управления персонифицированным дистанционным обучением студентов.

С целью организации дистанционного обучения необходимо составление учебного плана и возможность его гибкой настройки, который должен учитывать индивидуальные особенности студента и уровень его знаний. Предлагаемый подход к организации процесса ДО состоит из этапов: оценка уровня знаний студента и его особенностей посредством анкетирования и тестирования, оценка анкеты, определение профиля студента, классификация студентов с последующим подбором индивидуального плана обучения [1].

Рассмотрим формальную постановку задачи управления процессом дистанционного обучения. Пусть $X(t) = \{x_1(t), x_2(t),\ldots, x_n(t)\}$ – это характеристики студента, уровень его знаний, репрезентативная система в условиях дистанционного обучения. Переменные x_i, с одной стороны, – выходные переменные процесса оказания услуги, с другой – входные переменные в системе поддержке принятия решений.



Организация процесса дистанционного обучения

С учетом возможного воздействия внешних факторов (например, отказ студента от освоения учебного материала, продолжительная болезнь), функция управления примет вид: $f(t) = \{f_1(t), f_2(t),\ldots, f_k(t)\}$. Функция управляющего воздействия в этом случае: $U(t) = \{u_1(t), u_2(t),\ldots, u_m(t)\}$ описывает процесс подбора индивидуального плана обучения и, с одной стороны, являются на входе – переменными процесса, на выходе – переменными системы поддержки принятия решений. Обозначим $X(t_0)$: $X(t) = \{U(t), f(t), X(t_0)\}$, как начальное состояние системы (т.е. начальный уровень знаний студента), функции U(t), f(t) являются контролируемыми переменными и изменяются с течением времени t. Таким образом, задачей в условиях дистанционного обучения является: найти такие U(t) и f(t), которые будет соответствовать приобретению необходимых компетенций в процессе обучения. Критерием управления в этом случае будет являться интегральный показатель эффективности процесса оказания образовательных услуг (освоения компетенций студентом) $Q_r = Q\{X(t), U(t), f(t)\}$.

Определение уровня знаний студента

Современные системы дистанционного образования содержат основную информацию о студенте: ФИО, выбранную учебную программу, текущую успеваемость. Но при этом не обладают информацией о необходимых и достаточных материалах, которые должны быть учтены в программе обучения. Предлагаемый подход учитывает профиль студента и его репрезентативную систему, с целью наиболее оптимальной организации процесса обучения.

Проведенный анализ существующих систем дистанционного образования и поведения студентов в условиях дистанционного обучения выявил индивидуальный, психологический и интеллектуальный критерии для оценки уровня знаний и особенностей студентов. Необходимо учитывать, что для формирования профиля студента предназначен учет индивидуальных характеристик студента в условиях ДО, важно отметить, что также в критерий входит способность студента к восприятию информации. В настоящее время отсутствует возможность учета психологической составляющей во время обучения, поведение студента, его эмоциональное состояние. Интеллектуальный аспект включает в себя все знания, навыки и умения, полученные студентом к началу дистанционного обучения, а не только необходимые знания для курса. Таким образом, профиль студента состоит из трёх составляющих: готовность к обучению, начальный уровень знаний студента и репрезентативная система. Тестирование и анкетирование студентов являются удобным и подходящим способом определения начального профиля студента [2, 3].

Необходимо учитывать, что в условиях определения профиля и уровня знаний студентов посредством анкетирования и тестирования студентов данная оценка будет проводиться самостоятельно и являться субъективной. Так как числовая самооценка затруднительна для человека, оценки категорий профиля будут являться качественными и представлены в виде лингвистических переменных, что обосновывает необходимость применения аппарата нечеткой логики для обработки результатов анкетирования и последующей кластеризации студентов в группы. Необходимо выделить группы студентов для оптимизации количества учебных планов. Чтобы снизить степень субъективности в профиле студента, при оценке предполагается использовать мнения группы экспертов среди преподавательского состава.

Для сокращения субъективной составляющей экспертной оценки в процессе анализа будем использовать групповую оценку. Оценка надежности итогового мнения экспертов возможна в случае достаточного уровня согласованности мнений экспертов.

Для оценки профиля студента используется метод БОФа. Особенность данного метода заключается в получении обобщенного показателя на основе процесса экспертного оценивания, с последующим упорядочиванием и нормированием исходных показателей. В качестве входных показателей могут быть качественные и количественные оценки. Для данного метода не имеет значения, по какому количеству объектов будет проводиться оценка. Все критерии, по которым происходит согласование экспертов, должны быть проранжированы, а также должны быть определены весовые коэффициенты каждого эксперта.

Пусть $R^k = (r_1^k, r_2^k, ..., r_N^k)$ – экспертная оценка рейтингов, где $k = \overline{1,...,K}$ – количество экспертов, а N – количество критериев. В этом случае r_i^k является рейтинг k-го эксперта i-му критерию. В этом случае $R^G = (r_1^G, r_2^G, ..., r_N^G)$ будет являться групповым рейтингом по всем экспертам. Весовые коэффициенты необходимы для определения уровня влияния каждого эксперта в итоговом мнении $w = (w_1, ..., w_K)$ с $w_k \geq 0$, где $k = \overline{1,...,K}$, и $\sum_{k=1}^{K} w_k = 1$. Таким образом, для нахождения итогового мнения экспертов используется функция, в основе которой состоит оператор агрегации OWA.

$$D_{owa}(R^1, ..., R^K) = \sum_{k=1}^{K} w_k d(R^{\pi(k)}, R^G),$$

где $d(R^{\pi(k)}, R^G) \geq d(R^{\pi(k+1)}, R^G)$, $k = \overline{1,...,K}$ [4, 5].

OWA-оператор позволяет учесть уровень расстояний между экспертными мнениями, так как в основе его используются веса, которые учитывают оценку эксперта, влияя тем самым на итоговое мнение в большую или меньшую сторону. Воспользуемся коэффициентом конкордации Кендалла, чтобы найти компромиссное итоговое мнение экспертной группы. В этом случае предполагаем согласованность мнений экспертов и определяем границу решений. С учетом условий получаем следующую модель минимизации нахождения итоговой групповой оценки (рейтинга) экспертов.

$Min_{R^k} \sum_{k=1}^{K} w_k \sum_{i=1}^{N} \left(r_i^k - r_i^G\right)^2$, при условии, что $\sum_{i=1}^{N} \left(r_i^k - r_i^G\right)^2 \leq \tau_k$, где $k = \overline{1,...,K}$ – количество экспертов, τ_k – коэффициент конкордации Кендалла.

Для решения оптимизационной задачи используются метод множителей Лагранжа. Общий вид функции в этом случае:

$$F(r_1^G, r_2^G, ..., r_N^G) = \sum_{k=1}^{K} w_k \sum_{i=1}^{N} \left(r_i^k - r_i^G\right)^2 + \\ + \lambda_1 \varphi_1 + \lambda_2 \varphi_2 + ... + \lambda_k \varphi_k.$$

Таким образом, предлагаемый метод минимизирует отклонение мнений экспертов от обобщённого среднего рейтинга при оценке категорий профиля студента.

Классификация студентов на основе определенного профиля

Основной идеей использования нечетких деревьев решений является возможность объединения нечеткой логики и деревьев решений. Главной особенностью нечетких деревьев решений является информация о том, что исходный признак может сочетать в себе свойства нескольких признаков, в этом случае для каждого объекта определяются несколько лингвистических переменных его значений с последующим определением их степеней принадлежности [6, 7].

В этом случае общий алгоритм определения степени принадлежности к классу состоит из следующих шагов.

1. Вычисляется отношение примеров $D_j \in S^N$ для целевого значения I узла по формуле

$$P_i^N = \sum_{S^N} \min\left(\mu_N\left(D_j\right), \mu_i\left(D_j\right)\right),$$

где $\mu_N(D_j)$ – степень принадлежности примера D_j к узлу N, $\mu_i(D_j)$ – степень принадлежности примера относительно целевого значения i, S^N – множество всех примеров узла N.

2. Определяется коэффициент всех характеристик примеров узла. Для нечетких деревьев решений используется специальное отношение, которое включает в себя степень принадлежности. В общем случае, на основе оценки даются рекомендации для отнесения объекта к классу из всего множества характеристик узла.

$$E\left(S^N\right) = -\sum_i \frac{P_i^N}{P^N} \cdot \log_2 \frac{P_i^N}{P^N}.$$

3. Определяем меру рассеивания (энтропию) по определенному признаку и выбирается признак, прирост информации по которому является максимальным.

$$G(S^N, A):\ G\left(S^N, A\right) = E\left(S^N\right) - E\left(S^N, A\right).$$

4. Проводится разбиение узла на подузлы, с целью вычисления степени принадлежности для каждого из подузлов. После определения степеней принадлежности выносится решение об удалении, если степень принадлежности равна нулю. Процедура повторяется по всем атрибутам до полной классификации объектов. Вычисление принадлежности определяется по формуле:

Принадлежность к целевому классу для новой записи находится по формуле:

$$\delta_j = \frac{\sum_l \sum_k P_k^l \cdot \mu_l(D_j) \cdot x_k}{\sum_l \left(\mu_l\left(D_j\right) \cdot \sum_k P_k^l\right)}.$$

Кластеризация с помощью нечетких деревьев решений относится к методам машинного обучения с учителем и нуждается в репрезентативном наборе обучающих примеров.

Заключение

В статье предложен подход к организации процесса оказания дистанционного обучения на основе учета профиля обучающегося и его индивидуальных особенностей, таких как психологическая подготовка, уровень знаний и репрезентативная система. Проанализированы специфика дистанционного образования, его плюсы и минусы, выявлены существующие проблемы.

Разработан подход к решению задачи определения профиля студента с учетом индивидуальных особенностей, которые учитывают информационный, функциональный и структурный аспекты системы и сформулированы системные требования. Разработан подход для классификации потребителей дистанционного обучения с использованием методов нечеткой логики и интеллектуальных технологий машинного обучения с учителем. Применение аппарата нечеткой логики и механизма группового согласования мнений экспертов позволяет нивелировать влияние субъективного фактора в процессе оценки профиля студента.

Список литературы

1. Старцева О.Г., Попцова А.И., Богданова Д.Р. Подход к формированию профиля студента для персонификации процесса дистанционного обучения // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений. Уфа: Изд-во Уфимского гос. авиац. техн. ун-та, 2015. Т. 2. С. 211–218.

2. Старцева О.Г., Богданова Д.Р. Подход к поддержке принятия решений при управлении системой дистанционного образования с учетом индивидуальных характеристик обучающихся // Интеллектуальные технологии обработки информации и управления. Уфа: Изд-во Уфимского гос. авиац. техн. ун-та, 2015. Т. 1. С. 88–92.

3. Ekren G., Karatas S., Demiray U. Understanding of leadership in distance education management. Identification, Evaluation, and Perceptions of Distance Education Experts. 2015. P. 16. DOI: 10.4018/978-1-4666-8119-4.ch004.

4. Fedrizzi M., Molinari A. A Multi-Expert Fuzzy TOPSIS-based Model for the Evaluation of e-Learning. Paths Proceedings of European Society for Fuzzy Logic and Technology. 2013. Advances in Intelligent Systems Research. DOI: 10.2991/eusflat.2013.84.

5. Swart A. Student Usage of a Learning Management System at an Open Distance Learning. Institute: A Case Study in Electrical Engineering International Journal of Electrical Engineering & Education. 2015. vol. 52. no. 2. P. 142–154. DOI: 10.1177/0020720915575925.

6. Tsionas E., Assaf A.G., Gillen D., Mattila A.S. Modeling technical and service efficiency. Transportation Research Part B: Methodological. 2017. vol. 96. P. 113–125. DOI: 10.1016/j.trb.2016.11.010.

7. Liu H., Yen J. Effects of Distance Learning on Learning Effectiveness. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2014. vol. 10 (6). P. 575–580. DOI: 10.12973/eurasia.2014.1218a.

УДК 621.7

МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДАМИ КОРОТКОВОЛНОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Овечкин М.В.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: maxov-1@mail.ru

Статья посвящена описанию разработанной методологии автоматизированного контроля ответственных изделий методами коротковолнового электромагнитного излучения. Материалами для исследования являются технологические процессы контроля и рентгенограммы точечных сварных соединений изделий машиностроения. Приведен пример рентгенограммы. Отмечено, что разработанная методология автоматизированного контроля ответственных изделий методами коротковолнового электромагнитного излучения включает в себя: алгоритмы автоматизированного контроля и основанное на них программное обеспечение; описание сформированной последовательности автоматизированного контроля; методики применения программного обеспечения, включающие сквозные примеры автоматизированного контроля. Подробно описана искусственная нейронная сеть, спроектированная на языке MATLAB. Входные нейроны представляют собой два класса: данные об объекте и данные об оборудовании. Скрытый слой включает в себя 18 нейронов, в соответствии с ранее сформированными данными из БД. Три последующих слоя формируют три параметра: алгоритм фильтрации, алгоритм пастеризации и алгоритм распознавания. В качестве функции активации используется сигмовидная функция. Приведены два примера использования методики с приведением полученных результатов. Сделан вывод об адекватности разработанной методики, в основе которой лежит модель синтеза решений по проектированию процессов контроля.

Ключевые слова: автоматизация контроля, ИНС, электромагнитное излучение, нейрон, MATLAB

METHODOLOGY OF AUTOMATED CONTROL OF CRITICAL PRODUCTS BY METHODS OF SHORT-WAVE ELECTROMAGNETIC RADIATION

Ovechkin M.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Orenburg State University, Orenburg, e-mail: maxov-1@mail.ru

The article is devoted to the description of the developed methodology for the automated control of critical products by the methods of short-wave electromagnetic radiation. Materials for the study are the technological control processes and radiographs of spot welded joints of engineering products. An example of radiographs is given. It is noted that the developed methodology for the automated control of critical products by the methods of short-wave electromagnetic radiation includes: automated control algorithms and software based on them; description of the generated sequence of automated control; software application techniques that include end-to-end examples of automated control. An artificial neural network designed in the MATLAB language is described in detail. Input neurons are two classes: object data and equipment data. The hidden layer includes 18 neurons, in accordance with previously generated data from the database. Three subsequent layers form three parameters: a filtering algorithm, a pasteurization algorithm, and a recognition algorithm. As a function, activation is used sigmoid function. Two examples of using the methodology with the results obtained are given. The conclusion is made about the adequacy of the developed methodology, which is based on the model of synthesis of solutions for the design of control processes.

Keywords: control automation, ANN, electromagnetic radiation, neuron, MATLAB

В связи с нарастающим повышением требований к качеству и надежности выпускаемых изделий, а также непрерывно возрастающей стоимостью продукции, очень важными являются физические методы автоматизированного контроля изделий, не требующие разрушения готовых изделий или вырезки образцов.

Под автоматизацией измерений и контроля автор имеет в виду совокупность методических, программных и технических средств, обеспечивающих проведение процесса контроля и измерения без прямого участия человека.

Следует отметить, что автоматизация контроля и измерений не принижает роль контролера, инженера или оператора, использующих результаты контроля. Наоборот, она увеличивает производительность их труда, требует от них более высокого уровня знаний не только средств измерений и контроля, но и тех задач, которые решаются при приеме и обработке информации, умения составить эффективную программу контроля и дать профессиональное толкование результатов измерения и контроля.

Системы автоматизированного управления процессами по результатам контроля технических объектов в настоящее время довольно распространены в различных областях промышленности. В частности, к ним можно отнести системы неразрушающего контроля и диагностики деталей и конструкций и оптический контроль и диагностику сварных

соединений. Согласно исследованиям российского ученого Н.П. Алешина, лидерами по эффективности (на основе балльной оценки) являются следующие методы: акустический, оптический, вихретоковый и радиационный,. Однако, принимая во внимание современные данные по кластерному анализу [1] оборудования и рынку услуг по дефектоскопии, можно сделать вывод о лидерстве именно электромагнитных методов контроля ответственных изделий на производстве [2].

К коротковолновым электромагнитным методам контроля, помимо электромагнитного и радиационного, следует также (при использовании ультрафиолетового просвечивания) отнести капиллярный, поскольку эти методы контроля имеют общие направления как механизма самого контроля, так и способов анализа его результатов. Основным подходом к контролю в данном случае является цифровая обработка полученных изображений. При этом, работы по исследованию и обработке изображений, конечно же, довольно обширны и распространены. Среди зарубежных авторов следует отметить такие работы, как: У. Прэтт «Цифровая обработка изображений», Р. Вудс, Р. Гонсалес «Цифровая обработка изображений», C.H. Chen «Handbook of pattern recognition and computer vision», Р. Гонсалес «Цифровая обработка изображений в среде MATLAB», R.J. Shalkoff «Digital image processing and computer vision» и другие. В то же время данные работы и исследования довольно слабо затрагивают тему работы непосредственно с рентгеновскими снимками и результатами коротковолнового электромагнитного излучения и не учитывают их специфику, ограничиваясь анализом методик компьютерного зрения и выделения объектов для монохромных изображений.

Цель исследования: повышение быстродействия и точности контроля ответственных соединений сложных изделий при помощи коротковолнового электромагнитного излучения.

Объект исследования – информационное и программное обеспечение систем технологического процесса контроля соединений узлов изделий методами коротковолнового электромагнитного излучения;

Предмет исследования – методы, модели и алгоритмы моделирования технологических процессов автоматизированного контроля соединений; границы – подходы к контролю сварных соединений, основанные на обработке и распознавании изображений.

Задачи исследования:

– выбор и обоснование подходов к автоматизированному контролю сварных соединений;

– разработка и описание методологии автоматизированного контроля ответственных изделий методами коротковолнового электромагнитного излучения;

– проведение сквозных примеров использования методологии для различных условий.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования применялись методы системного анализа, методы обработки больших данных, ИНС, методы объектно-ориентированного программирования.

Выбор и применение нейронных сетей обусловлено тем, что нейронная сеть представляет собой математическую модель параллельного процессора, накапливающего экспериментальные данные и представляющего широкие возможности для их дальнейшей обработки [3].

Материалами для исследования являются технологические процессы контроля и рентгенограммы точечных сварных соединений изделий машиностроения. Пример рентгенограммы представлен на рис. 1.

Данная рентгенограмма получена при помощи аппаратно-программного комплекса компьютерной рентгенографии «FOSFOMATIK» и последующего сканирования полученного аналогового изображения.

Рис. 1. Пример рентгенограммы

Результаты исследования и их обсуждение

Разработанная методология автоматизированного контроля ответственных изделий методами коротковолнового электромагнитного излучения включает в себя:

– алгоритмы автоматизированного контроля и основанное на них программное обеспечение;

– описание сформированной последовательности автоматизированного контроля;

– методики применения программного обеспечения, включающие сквозные примеры автоматизированного контроля.

Синтезированная последовательность автоматизированного контроля состоит из следующих этапов:

– сбор и формализация данных об объекте контроля, используемом оборудовании и требовании к конечному изделию;

– передача формализованных данных в искусственную нейронную сеть;

– фиксация выходных значений ИНС;

– применение полученных на основе нейросети значений для проведения контроля.

Рассмотрим более подробно искусственную нейронную сеть.

ИНС спроектирована на высокоуровневом языке в интерактивной среде для программирования и визуализации результатов MATLAB. Для разработки нейронной сети использовался модуль Neural Network Toolbox, который предоставляет функции и приложения для моделирования сложных нелинейных систем, которые сложно описываются уравнениями. Neural Network Toolbox поддерживает обучение с учителем и прямым распространением, с радиальными базисными функциями и динамические сети [4]. Также есть поддержка обучения без учителя с самоорганизующимися картами и конкурентными слоями. С данным инструментом возможно создавать, обучать, визуализировать и моделировать нейронные сети. Neural Network Toolbox можно использовать для таких задач, как аппроксимация данных, распознавание образов, кластеризация, прогноз временных рядов, моделирование динамических систем и их управление.

Схема сети представлена на рис. 2. Входные нейроны представляют собой два класса: данные об объекте и данные об оборудовании.

Скрытый слой включает в себя 18 нейронов, в соответствии с ранее сформированными данными из БД. Три последующих слоя формируют три параметра: алгоритм фильтрации, алгоритм пастеризации и алгоритм распознавания. В качестве функции активация используется сигмовидная функция [5].

Воспользуемся ИНС, спроектированной в MATLAB для формирования решений по двум различным начальным условиям. В таблице приведем часть различий данных.

Таким образом, проведем два сквозных примера.

Пример 1. Согласно предложению ИНС, разновидностью нелинейного фильтра был выбран медианный фильтр, который реализует перемещение плавающего окна по рентгенограмме и выполняет все текущие преобразования только внутри окна.

Алгоритм включает в себя два вложенных цикла по столбцам и строкам массива с данными изображения. В теле внутреннего цикла происходит заполнение временного массива, равного по размерам плавающему окну, значениями элементов изображения, попадающих в данное окно.

После заполнения всего массива данными с изображения производится поиск среднего значения яркости на основе сортировки Хоара. Далее значение центрального элемента массива присваивается центральному элементу окна, после чего происходит перемещение границ апертуры. Таким образом, окно проходит все изображение по Р-схеме обработки, реализуя медианный фильтр.

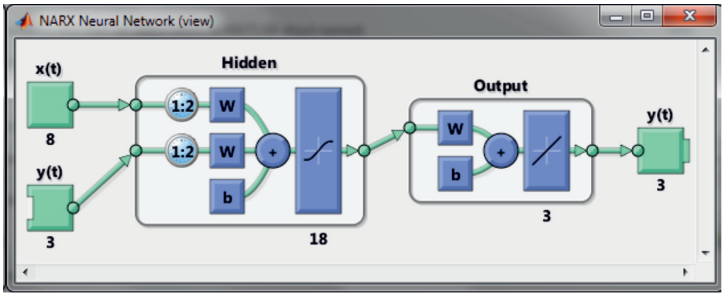


Рис. 2. Схема нейронной сети

Часть данных искусственной нейронной сети

Параметр			Значение 1	Значение 2
Входные данные	Объект контроля		Обечайка	Обечайка
	Тип дефекта	Прожог	Более 5 мм	Более 6 мм
		Смещение	Более 3 мм	Более 5 мм
		Непровар	Менее 2 мм	Более 1 мм
		Норма	От 2 до 5 мм без смещения	От 1 до 6 мм без смещения
	Толщина		1–3	2 мм
Выходные данные	Подготовка данных		Медианная фильтрация	Медианная фильтрация
	Сегментация данных		Пастеризация	Пастеризация
	Метод идентификации		Бинарные деревья, сравнение с шаблоном	ИНС, сравнение с шаблоном

Для определения центров ядер сварного соединения были найдены точки по следующему алгоритму:

– построение гистограмм сегмента (вертикальной и горизонтальной);

– удаление областей, которые соответствуют низким значениям на гистограмме;

– построчный анализ значений сумм яркостей точек на изображении;

– на основании анализа вычисленных сумм определяются оси точечного сварного соединения как столбца и строки с наименьшими значениями сумм яркостей части изображения;

– пересечение найденных осей представляет собой центр ядра сварного соединения.

Алгоритм распознавания геометрических параметров включает в себя создание динамических шаблонов, наложение их на входную рентгенограммы, сравнение и вычисление наиболее подходящего шаблона. При этом поэтапно задаются значения радиусов и геометрические положения центров с заданным шагом.

Шаблон-образец, набравший по результатам работы данного алгоритма наибольшее количество совпадений, передает свои параметры для дальнейших действий.

Результаты программного воплощения выходных рекомендаций сети [5] показывают, что уровень ошибки контроля составляет менее 3 % на изделии типа «обечайка».

Пример 2. Контроль сварных соединений методом коротковолнового электромагнитного излучения на основе ИНС и сравнения с шаблоном.

На входе в искусственную нейронную сеть – данные (пикселы изображения) оцифрованной рентгенограммы соединения, качество которого необходимо проконтролировать. При проведении экспериментов выявлено, что количество точек-пикселей для области изображения, проверяемой на наличие дефекта не должно быть менее десяти тысяч. Скрытый слой соответственно состоит из десяти тысяч нейронов и на основе обратного распространения ошибки позволяет обучить систему весов связей элементов. При этом на нейронах-сумматорах выходного слоя подсчитывается процентная вероятность отнесения входных данных по рентгенограмме к одному из классов: «Смещение», «Непровар», «Прожог», «Норма».

Алгоритм обучения состоит из следующих шагов:

– задаем время обучения в сто эпох;

– подаем обучающую выборку данных на входные рецепторы сети;

– оцениваем значения сумматоров на выходных нейронах сети:

а) если нейрон на выходе ошибочно посчитал подходящим классом сегмент, заведомо не относящийся к данному классу, необходимо изменить веса всех сработавших нейронов в сторону уменьшения;

б) в том случае если нейрон на выходе «не признал» изображение, относящееся к его классу как верное, то необходимо увеличить вес нейронов промежуточного слоя.

Рассмотрим возможный алгоритм пастеризации входных данных. Поскольку для нейронных сетей важно выделение сенсоров, которые необходимы для обработки частей входных данных, то необходимо сформировать группы подобных сенсоров. Для рентгенограмм сварных соединений предлагается следующая обработка данных, в результате которой формируется массив: расчет минимального и максимального значений цвета контролируемого изображения-рентгенограммы; получение двух средних точек, равноотстоящих от вычисленного на предыдущем шаге среднего значения цвета; замена всех значений цветов изображения путем округления к ближайшему из значений из ряда четырех полученных ранее значений (минимального, максимального и двух средних точек).

В результате осуществляется кластеризация изображения в виде отдельных областей четырех цветовых уровней. Массив на выходе представляет собой значения сенсоров для каждой из областей точек изображения и позволяет выполнить дальнейшие вычисления путем активации сенсоров при помощи весов.

Изменение весов осуществлено на основе принципа обратного распространения ошибки [6].

На рис. 3 представлен анализ изображения, отсутствующего в обучающей выборке (дефект «Смещение»).

Заключение

В ходе выполнения работы выполнены анализ процессов автоматизации электромагнитного контроля и практическая реализация в виде методик и программных средств. Проведено моделирование процессов автоматизированного контроля сварных соединений методами коротковолнового электромагнитного излучения. Синтезирована модель многокритериального подхода к контролю сварных соединений. Разработан подход, в основе которого лежит модель синтеза решений по проектированию процессов контроля сварных соединений, особенностью которой является многокритериальный подход к общности структур и свойств множества методов коротковолнового электромагнитного излучения в рамках производства ответственных изделий.

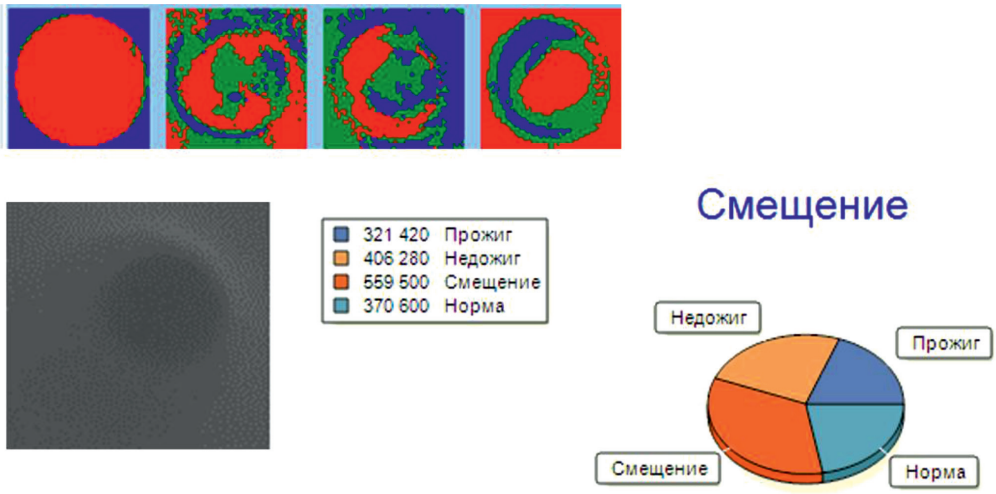


Рис. 3. Пример результата анализа части рентгенограммы изделия

Статья подготовлена в рамках проекта по гранту президента № МК – 5451.2018.8.

Список литературы

1. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. М.: Бином, 2017. 656 с.

2. Овечкин М.В. DATA MINING подход к вопросу анализа эффективности методов автоматизированного неразрушающего контроля // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 9. С. 62–67.

3. Редько В.Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект. Модели и концепции эволюционной кибернетики. М.: URSS, 2019. 224 с.

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

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ No 2011618837. Программа для работы со сканированными рентгеновскими снимками точечных сварных соединений «R_Scan» / М.В. Овечкин, зарегистрировано 14.10.2011.

6. Нестерук Ф.Г., Нестерук Г.Ф. Применение нейронных сетей для интеллектуального анализа данных при решении задач защиты информации. СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2008. 32 с.

УДК 51-77

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ ВЫБОРА БИЗНЕС-СИСТЕМЫ

Осипов Г.С.

Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск, e-mail: Osipov_GS@SakhGU.ru

Предложена формальная постановка обобщенной задачи выбора бизнес-системы в нечетких условиях. Разработана модель выбора в виде нечеткого реляционного уравнения. Произведена структурная идентификация модели в классе композиций нечетких соответствий на базовых множествах, состоящих из списка возможных бизнес–систем, списка предполагаемых объектов для строительства и укрупненных критериев оценки надежности бизнес-систем. Получено явное выражение для функции принадлежности искомого решения в общем виде, представляющего собой нечеткое соответствие на декартовом произведении множеств объектов и предлагаемых бизнес-систем. Предложены формулы получения частных решений задачи при использовании наиболее известных треугольных норм в виде логического, алгебраического и граничного произведения, и индуцированных этими нормами импликаторов. Так как обратная задача выбора модели бизнес-системы является трудной и не всегда разрешимой, то предложена методология решения обратной задачи, путем ее сведения к проблеме оптимизации что позволяет найти искомое нечеткое соответствие, которое в наивысшей степени отвечает условию минимизации критерия оптимизации – нормы отклонения расчетных величин от наблюдаемых. Выполнена практическая апробация разработанной методологии решения проблемы в виде контрольного решения прямой и обратной задач для всего спектра исследуемых норм и импликаторов в среде пакета компьютерной математики.

Ключевые слова: бизнес-система, нечеткое моделирование, нечеткие соответствия

RESEARCH OF THE FUZZY MODEL OF THE CHOICE OF THE BUSINESS SYSTEM

Osipov G.S.

Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: Osipov_GS@SakhGU.ru

A formal statement of the generalized problem of choosing a business system in fuzzy conditions is proposed. A model of choice in the form of a fuzzy relational equation is developed. The model was structurally identified in the class of fuzzy correspondence compositions on basic sets consisting of a list of possible business systems, a list of proposed objects for construction, and aggregated criteria for assessing the reliability of business systems. An explicit expression is obtained for the membership function of the desired solution in a general form, which is a fuzzy correspondence on the Cartesian product of the sets of objects and proposed business systems. Formulas are proposed for obtaining particular solutions to the problem using the most famous triangular norms in the form of a logical, algebraic, and boundary product, and implicators induced by these norms. Since the inverse problem of choosing a business system model is difficult and not always solvable, a methodology for solving the inverse problem is proposed, by reducing it to the optimization problem, which allows us to find the desired fuzzy correspondence, which to the highest degree meets the condition for minimizing the optimization criterion – the norm of deviation of the calculated values from observables. Practical testing of the developed methodology for solving the problem in the form of a control solution of the direct and inverse problems for the entire spectrum of the studied norms and implicators in the environment of a computer mathematics package has been performed.

Keywords: business system, fuzzy modeling, fuzzy matching

Современный этап развития общества и, как следствие, эволюция научных подходов к изучению сложных больших систем, не поддающихся строгой формализации, характеризуется отказом от элементарного и ограниченного бинарного подхода и переходом к непрерывной (многозначной) логике, позволяющей объектам присутствовать в различных множествах с некоторой степенью принадлежности.

Таким образом, прогресс научного познания позволяет выполнить строгую математическую формализацию и использовать возможности аппарата принятия решений в нечетких условиях для исследования и управления процессами и системами при неопределённостях, обусловленных неполнотой и неточностью используемой исходной информации, данных о текущем состоянии системы и операторе ее перехода в следующее эволюционное состояние.

В настоящее время методология нечеткого моделирования находит применение в различных предметных областях: в образовании [1], медицине [2], экономике [3] и многих других. Целью настоящего исследования является разработка методологии и исследование модели выбора бизнес-системы в достаточно универсальной постановке.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим задачу выбора бизнес-системы [3] в нечеткой постановке.

Пусть M, N и O – конечные четкие множества:

$M = \{m_1, m_2, \ldots, |M|\}$ – список объектов для строительства;

$N = \{n_1, n_2, \ldots, |N|\}$ – список бизнес-систем;

$O = \{o_1, o_2, \ldots, |O|\}$ – список критериев (характеристик) для оценки надежности бизнес-систем.

Тогда нечеткая модель выбора бизнес-системы может быть определена как нечеткое реляционное уравнение

$$\tilde{A} \circ \tilde{B} = \tilde{Y}, \tag{1}$$

где

$$\tilde{A} = \tilde{A}(M \times O) = \iint\limits_{M \times O} \frac{\mu_{\tilde{A}}(m,o)}{(m,o)} (\forall m \in M, \forall o \in O);$$

$$\tilde{B} = \tilde{B}(O \times N) = \iint\limits_{O \times N} \frac{\mu_{\tilde{B}}(o,n)}{(o,n)} (\forall o \in O, \forall n \in N);$$

$$\tilde{Y} = \tilde{Y}(M \times N) = \iint\limits_{M \times N} \frac{\mu_{\tilde{Y}}(m,n)}{(m,n)} (\forall m \in M, \forall n \in N) \text{ – искомое соответствие.}$$

Очевидно, функция принадлежности практически может быть представлена в виде

$$\mu_{\tilde{A} \circ \tilde{B}}(m,n) = \left[\sup_{o \in O} T \right] \left(\mu_{\tilde{A}}(m,o), \mu_{\tilde{B}}(o,n) \right) (\forall m \in M, \forall n \in N). \tag{2}$$

Формулы для нахождения решения задачи (2) при использовании наиболее известных треугольных норм T и индуцированных этими нормами импликаторов I [4] приведены в табл. 1.

Таблица 1

Формулы для нахождения решения задачи

T-норма Импликатор I	Решение $\left(i = \overline{1,\lvert M \rvert}; j = \overline{1,\lvert N \rvert}\right)$
$T_m = T(\alpha, \beta) = \min(\alpha, \beta)$	$y_{ij} = \max\left(\min\limits_{k=\overline{1,\lvert O \rvert}} \left(a_{ik}, b_{kj} \right) \right)$
$I(\alpha, \beta) = I_m = \max(1-\alpha, \beta)$	$y_{ij} = \min\left(\max\limits_{k=\overline{1,\lvert O \rvert}} \left(1 - a_{ik}, b_{kj} \right) \right)$; $y_{ij} = \min\left(\max\limits_{k=\overline{1,\lvert O \rvert}} \left(1 - b_{kj}, a_{ik} \right) \right)$
$T(\alpha, \beta) = T_p = \alpha \cdot \beta$	$y_{ij} = \max\left(a_{ik} \cdot b_{kj} \right)_{\forall k=\overline{1,\lvert O \rvert}}$
$I(\alpha, \beta) = I_p = 1 - \alpha + \alpha \cdot \beta$	$y_{ij} = \min\left(1 - a_{ik} + a_{ik} \cdot b_{kj} \right)_{\forall k=\overline{1,\lvert O \rvert}}$; $y_{ij} = \min\left(1 - b_{kj} + b_{kj} \cdot a_{ik} \right)_{\forall k=\overline{1,\lvert O \rvert}}$
$T(\alpha, \beta) = T_w = \max(\alpha + \beta - 1, 0)$	$y_{ij} = \max\left(\max\limits_{k=\overline{1,\lvert O \rvert}} \left(a_{ik} + b_{kj} - 1, 0 \right) \right)$
$I(\alpha, \beta) = I_w = \min(1 - \alpha + \beta, 1)$	$y_{ij} = \min\left(\min\limits_{k=\overline{1,\lvert O \rvert}} \left(1 - a_{ik} + b_{kj}, 1 \right) \right)$; $y_{ij} = \min\left(\min\limits_{k=\overline{1,\lvert O \rvert}} \left(1 - b_{kj} + a_{ik}, 1 \right) \right)$

Представление прямой задачи (1) в виде (2) позволяет в простейшем случае при использовании стандартных треугольных норм и индуцированных ими импликаторов найти решения по одной из формул, приведенных в табл. 1.

Очевидно, выбор соответствующей импликации определяется спецификой решения прикладной задачи из исследуемой предметной области.

На рис. 1 приведены примеры графиков функций принадлежности и треугольной нормы, в виде логического произведения, и индуцированных ей двух импликаторов.

Рис. 2 иллюстрирует применение к аналогичным функциям принадлежности двух нечетких множеств треугольной нормы в виде алгебраического произведения.

На рис. 3 изображены рассматриваемые функции принадлежности, а также результаты применения к ним нормы в виде граничного произведения и соответствующих ему простейших импликаторов.

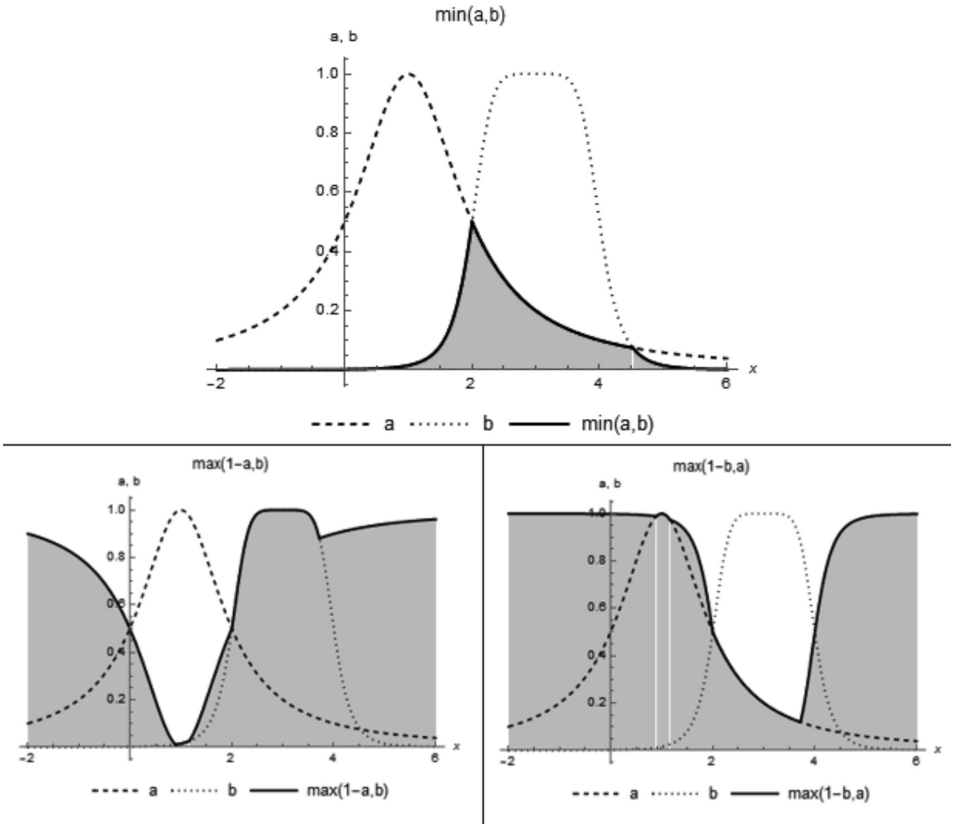


Рис. 1. Логическое произведение и индуцированные импликаторы

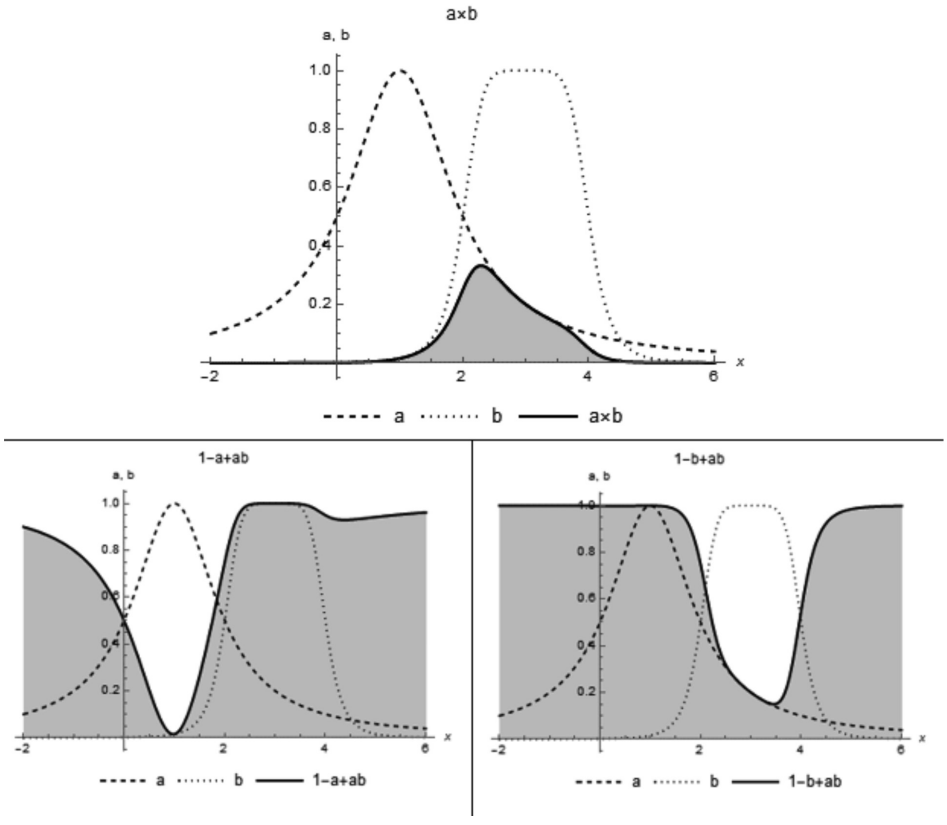


Рис. 2. Алгебраическое произведение и индуцированные импликаторы

Следует отметить, что при использовании логического произведения результат импликации остается слабо чувствительным к малым значениям функций принадлежности (в отличие от представленных на рис. 2 и 3), что может ограничить его применение в системах, например, обеспечения безопасности техногенных систем.

Решение обратной задачи принципиально сложнее, более того, множество решений может быть пусто. В этом случае решение обратной задачи можно свести к конечной проблеме оптимизации.

Пусть необходимо решить левую обратную задачу вида

$$\tilde{X} \circ \tilde{B} = \tilde{Y}.$$

В этом случае формулируется соответствующая экстремальная задача:

$$\begin{gathered}(D, f): f = \left\| X \circ B - Y^0 \right\| \to \min, \\ D = \left\{ x \in X : \forall x \in [0,1] \right\},\end{gathered} \tag{3}$$

где $Y^0(M, N)$ – матричное представление наблюдаемого соответствия.

Решение этой задачи позволяет найти искомое нечеткое соответствие, которое в наивысшей степени отвечает условию минимизации критерия оптимизации – нормы отклонения расчетных величин от наблюдаемых.

Результаты исследования и их обсуждение

Пусть заданы [3]:

$$M = \{m_1, m_2, m_3\};\ O = \{o_1, o_2, \ldots, o_{10}\};\ N = \{n_1, n_2, n_3\}$$

$$A = \begin{pmatrix} 0{,}8 & 0{,}6 & 0{,}9 & 0{,}8 & 0{,}8 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}7 & 0{,}7 \\ 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}7 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}8 & 0{,}6 & 0{,}8 \\ 0{,}8 & 0{,}5 & 0{,}8 & 0{,}7 & 0{,}7 & 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}5 & 0{,}5 \end{pmatrix};\ B = \begin{pmatrix} 0{,}8 & 0{,}7 & 0{,}7 \\ 0{,}6 & 0{,}8 & 0{,}7 \\ 0{,}8 & 0{,}7 & 0{,}7 \\ 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}6 \\ 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}6 \\ 0{,}5 & 0{,}7 & 0{,}4 \\ 0{,}8 & 0{,}6 & 0{,}5 \\ 0{,}4 & 0{,}6 & 0{,}3 \\ 0{,}5 & 0{,}5 & 0{,}7 \\ 0{,}4 & 0{,}5 & 0{,}6 \end{pmatrix}.$$

Решения прямой задачи (1) по формулам (2) при различных вариантах импликации представлены в табл. 2.

Таблица 2

Варианты решения прямой задачи

T-норма	Решение	Импликатор	Решение левой и правой задач
T_m	$\begin{pmatrix} 0{,}8 & 0{,}8 & 0{,}7 \\ 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}7 \\ 0{,}8 & 0{,}7 & 0{,}7 \end{pmatrix}$	I_m	$\begin{pmatrix} 0{,}4 & 0{,}5 & 0{,}3 \\ 0{,}4 & 0{,}5 & 0{,}3 \\ 0{,}4 & 0{,}5 & 0{,}4 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}6 \\ 0{,}5 & 0{,}5 & 0{,}6 \\ 0{,}5 & 0{,}5 & 0{,}5 \end{pmatrix}$
T_p	$\begin{pmatrix} 0{,}72 & 0{,}64 & 0{,}63 \\ 0{,}56 & 0{,}64 & 0{,}56 \\ 0{,}64 & 0{,}56 & 0{,}56 \end{pmatrix}$	I_p	$\begin{pmatrix} 0{,}58 & 0{,}65 & 0{,}51 \\ 0{,}52 & 0{,}60 & 0{,}44 \\ 0{,}64 & 0{,}75 & 0{,}58 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 0{,}68 & 0{,}68 & 0{,}72 \\ 0{,}68 & 0{,}65 & 0{,}72 \\ 0{,}64 & 0{,}75 & 0{,}58 \end{pmatrix}$
T_w	$\begin{pmatrix} 0{,}7 & 0{,}6 & 0{,}6 \\ 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}5 \\ 0{,}6 & 0{,}5 & 0{,}5 \end{pmatrix}$	I_w	$\begin{pmatrix} 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}6 \\ 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}5 \\ 0{,}8 & 0{,}9 & 0{,}7 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 0{,}8 & 0{,}8 & 0{,}9 \\ 0{,}8 & 0{,}8 & 0{,}9 \\ 0{,}8 & 0{,}7 & 0{,}8 \end{pmatrix}$

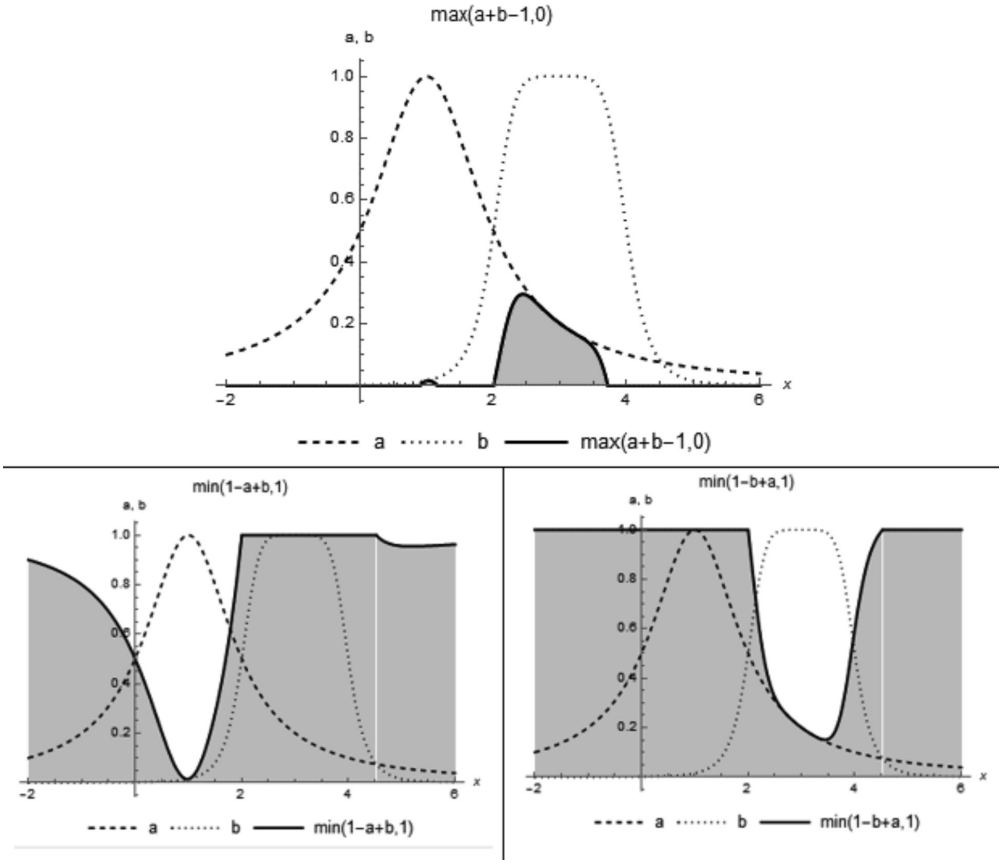


Рис. 3. Граничное произведение и индуцированные импликаторы

Семантическая интерпретация решения зависит от постановки задачи.

Например, при использовании T-нормы, в виде логического произведения T_m, получили решение (табл. 2):

$$\begin{array}{c|ccc} \ddots & n_1 & n_2 & n_3 \\ \hline m_1 & 0,8 & 0,8 & 0,7 \\ m_2 & 0,7 & \mathbf{0,8} & 0,7 \\ m_3 & 0,8 & 0,7 & 0,7 \end{array}$$

и в соответствии с [3] для объекта m_2 следует рекомендовать бизнес-схему n_2 и т.д. Очевидно, евклидовы расстояния от нечеткого множества $\left\{\frac{0,8}{m_1},\frac{0,7}{m_2},\frac{0,8}{m_3}\right\}$ до множеств $\left\{\frac{0,8}{m_1},\frac{0,8}{m_2},\frac{0,7}{m_3}\right\}$ и $\left\{\frac{0,7}{m_1},\frac{0,7}{m_2},\frac{0,7}{m_3}\right\}$ равны и составляют $\sqrt{0,02}$.

В данном случае экстремальная задача (3) сводится [5] к решению трёх задач:

$$\begin{gathered} \left\|y_{11}\left(x_{11},x_{12},\ldots,x_{1,10}\right)-y_{11}^0\right\|+\left\|y_{12}\left(x_{11},x_{12},\ldots,x_{1,10}\right)-y_{12}^0\right\|+\left\|y_{13}\left(x_{11},x_{12},\ldots,x_{1,10}\right)-y_{13}^0\right\|\to\min \\ \left\|y_{21}\left(x_{21},x_{22},\ldots,x_{2,10}\right)-y_{21}^0\right\|+\left\|y_{22}\left(x_{21},x_{22},\ldots,x_{2,10}\right)-y_{22}^0\right\|+\left\|y_{23}\left(x_{21},x_{22},\ldots,x_{2,10}\right)-y_{23}^0\right\|\to\min \\ \left\|y_{31}\left(x_{31},x_{32},\ldots,x_{3,10}\right)-y_{31}^0\right\|+\left\|y_{32}\left(x_{31},x_{32},\ldots,x_{3,10}\right)-y_{32}^0\right\|+\left\|y_{33}\left(x_{31},x_{32},\ldots,x_{3,10}\right)-y_{33}^0\right\|\to\min \\ \forall x\in[0,1] \end{gathered} \quad (4)$$

В табл. 3 представлены решения обратной задачи (3) по формулам (4) для различных используемых треугольных нормах.

Таблица 3

Варианты решения обратной задачи

T	Решение	Время поиска	f
T_m	$\begin{pmatrix} 0,37 & 0,81 & 1,00 & 0,00 & 0,41 & 0,00 & 0,84 & 0,77 & 0,06 & 0,87 \\ 0,15 & 0,35 & 0,64 & 0,93 & 0,08 & 0,04 & 0,07 & 0,70 & 0,96 & 0,00 \\ 0,89 & 0,35 & 0,11 & 0,20 & 0,47 & 0,58 & 0,75 & 0,11 & 0,24 & 0,80 \end{pmatrix}$	3 с	0
T_p	$\begin{pmatrix} 0,28 & 0,45 & 0,90 & 0,67 & 0,62 & 0,25 & 0,43 & 0,74 & 0,43 & 0,18 \\ 0,52 & 0,80 & 0,48 & 0,48 & 0,54 & 0,51 & 0,70 & 0,49 & 0,52 & 0,48 \\ 0,80 & 0,57 & 0,53 & 0,59 & 0,47 & 0,44 & 0,46 & 0,56 & 0,58 & 0,46 \end{pmatrix}$	6 с	10^{-2}
T_w	$\begin{pmatrix} 0,54 & 0,51 & 0,90 & 0,52 & 0,48 & 0,49 & 0,55 & 0,49 & 0,50 & 0,55 \\ 0,50 & 0,80 & 0,50 & 0,50 & 0,49 & 0,50 & 0,70 & 0,50 & 0,50 & 0,50 \\ 0,80 & 0,55 & 0,51 & 0,57 & 0,47 & 0,46 & 0,45 & 0,53 & 0,57 & 0,46 \end{pmatrix}$	7 с	10^{-8}

В таблице приведено также время поиска решения в среде *Wolfram Mathematica* при настройках метода оптимизации «по умолчанию» и достигнутое значение целевой функции.

В табл. 4 приведены аналогичные данные при индуцированных импликаторах.

Таблица 4

Решения обратной задачи при различных импликаторах

I	Решение	Время поиска	f
I_m	$\begin{pmatrix} 0,95 & 0,95 & 0,23 & 0,05 & 0,95 & 0,90 & 0,95 & 0,74 & 0,40 & 0,95 \\ 0,95 & 0,95 & 0,23 & 0,05 & 0,95 & 0,94 & 0,95 & 0,74 & 0,40 & 0,95 \\ 0,60 & 0,60 & 0,40 & 0,54 & 0,45 & 0,61 & 0,60 & 0,50 & 0,40 & 0,61 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 0,67 & 0,67 & 0,60 & 0,69 & 0,69 & 0,84 & 0,66 & 0,84 & 0,60 & 0,84 \\ 0,84 & 1,00 & 0,65 & 0,74 & 0,74 & 0,50 & 0,86 & 0,85 & 0,67 & 0,69 \\ 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,73 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 \end{pmatrix}$	6 с 6 с	0 10^{-8}
I_p	$\begin{pmatrix} 0,48 & 0,49 & 0,51 & 0,52 & 0,52 & 0,47 & 0,58 & 0,70 & 0,50 & 0,49 \\ 0,50 & 0,51 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,49 & 0,50 & 0,80 & 0,80 & 0,49 \\ 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,60 & 0,29 & 0,50 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 0,62 & 0,66 & 0,60 & 0,73 & 0,60 & 0,61 & 0,67 & 0,64 & 0,60 & 0,65 \\ 0,60 & 0,64 & 0,63 & 0,57 & 0,56 & 0,59 & 0,63 & 0,64 & 0,60 & 0,61 \\ 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,60 & 0,29 & 0,50 \end{pmatrix}$	6 с 5 с	10^{-10} 10^{-11}
I_w	$\begin{pmatrix} 0,48 & 0,51 & 0,51 & 0,50 & 0,50 & 0,45 & 0,47 & 0,70 & 0,70 & 0,45 \\ 0,47 & 0,64 & 0,53 & 0,64 & 0,10 & 0,90 & 0,38 & 0,28 & 0,10 & 0,44 \\ 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,90 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 & 0,50 \end{pmatrix}$ $\begin{pmatrix} 0,60 & 0,60 & 0,63 & 0,60 & 0,60 & 0,59 & 0,60 & 0,50 & 0,60 & 0,59 \\ 0,60 & 0,60 & 0,63 & 0,60 & 0,60 & 0,59 & 0,60 & 0,50 & 0,60 & 0,59 \\ 0,60 & 0,58 & 0,60 & 0,50 & 0,53 & 0,49 & 0,60 & 0,58 & 0,50 & 0,52 \end{pmatrix}$	6 с 6 с	0.1 10^{-10}

Сравнение решений по величине среднего евклидова расстояния δ_E от исходного (эталонного) соответствия представлено в табл. 5.

Таблица 5

Сравнение решений по точности приближения к эталону

$T(I)$	T_m	T_p	T_w	I_m		I_p		I_w	
δ_E	1,340	0,659	0,566	0,964	0,489	0,652	0,477	0,825	0,466

Выводы

Разработанная методология исследования нечеткой модели выбора бизнес-системы является унифицированной и может служить базовой основой для анализа сложных трудноформализуемых систем в различных предметных областях при неопределенности, вызванной неполнотой и неточностью представления используемой информации. Практическая апробация разработки в среде пакета символьной математики подтверждает обоснованность используемых формальных предпосылок и полученных выводов.

Список литературы

1. Айзинов С.Д., Сазонов А.Е., Солодовниченко М.Б. Разработка нечеткой модели выбора вида профессиональной деятельности выпускниками вуза // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С О. Макарова. 2017. № 6 (46). С. 1330–1337.

2. Новиков А.В. Методология нечеткого принятия решений и алгоритмизация управления оказанием медицинской помощи больным пиелонефритом: дис. ... докт. мед. наук: 14.00.40. Курск, 2009. 232 с.

3. Пантина Т.А., Сазонов А.Е. Нечеткая модель для выбора бизнес системы // Транспортное дело России. 2018. № 6 (139). С. 239–241.

4. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А., Сараев П.В., Черпаков И.В. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения. Липецк: ЛЭГИ, 2002. 111 с.

5. Осипов Г.С. Исследование соответствий в задаче нечеткой диагностики // Вопросы современной науки: коллект. науч. монография; [под ред. Е.Е. Еникеева]. М.: Изд. Интернаука, 2018. Т. 29. С. 41–62.

УДК 621.9.04:621.9.06

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМИРОВАНИЯ УПРОЧНЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ, ЕГО СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА НА ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ОТ4 В ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Филонович А.В., Горлов А.Н., Ворначева И.В., Костюков П.В.

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: filon8@yandex.ru

Рассмотрена технология процесса нанесения электроискровых покрытий на титановый сплав ОТ4 на модернизированной установке с применением автоматической системы слежения и контроля за параметрами процесса модификации. Определены показатели, влияющие на качество покрытия. Изучены факторы, влияющие на массоперенос при электроискровом легировании, а следовательно, и на качество наносимого покрытия. Установлено возникновение вторичной структуры, происходящее за счет действия межэлектродной фазы, импульсных термомеханических нагрузок искрового разряда и обратного переноса материала. Показано, что преобладающим влиянием какого-либо из перечисленных выше факторов определяется вид кинетической эрозии, а следовательно, условия образования модифицированного поверхностного слоя и покрытия. Таким образом, выявлено, что на подложку осуществляется перенос не исходного легирующего сплава, а сложного композиционного материала повышенной прочности. Определены оптимальные параметры технологического процесса электроискрового легирования. Изучены прочностные характеристики полученных покрытий. Сделан вывод об упрочнении титановых сплавов методом электроискрового легирования путем влияния на структуру и фазовый состав поверхностного слоя. Так у сплава с электроискровым покрытием значительно, в несколько раз, снижается коэффициент трения и скорость изнашивания.

Ключевые слова: электроискровое легирование, титановый сплав, прочность, износостойкость, коэффициент трения, электрод, покрытие

INVESTIGATION OF THE KINETIC CHARACTERISTICS OF THE FORMATION OF A HARDENED SURFACE LAYER, STRUCTURE AND PHASE COMPOSITION ON THE OT4 TITANIUM ALLOY IN THE PROCESS OF ELECTROSPARK DOPING

Filonovich, A.V., Gorlov A.N., Vornacheva I.V., Kostyukov P.V.

South-West State University, Kursk, e-mail: filon8@yandex.ru

The technology of the process of applying electrospark coatings on titanium alloy OT4 on a modernized installation using an automatic tracking system and monitoring the parameters of the modification process is considered. Identified indicators that affect the quality of coverage. The factors affecting the mass transfer during electric spark doping, and, consequently, the quality of the applied coating, are studied. The occurrence of a secondary structure, which occurs due to the action of the interelectrode phase, pulsed thermomechanical loads of a spark discharge and the reverse transfer of the material, has been established. It is shown that the prevailing influence of any of the factors listed above determines the type of kinetic erosion, and, consequently, the conditions for the formation of the modified surface layer and coating. Thus, it was revealed that the transfer of a composite composite material of increased strength to the substrate is carried out not by the initial alloying alloy. The optimal parameters of the electric-spark alloying process are determined. Studied strength characteristics of the coatings obtained. It was concluded that the hardening of titanium alloys by the method of electrospark alloying by influencing the structure and phase composition of the surface layer. Thus, an alloy with an electrospark coating significantly, several times, reduces the coefficient of friction and wear rate.

Keywords: electrospark alloying, titanium alloy, strength, wear resistance, friction coefficient, electrode, coating

Титановые сплавы на сегодняшний день широко используются в различных отраслях, в том числе и для изготовления рабочих лопаток паровых турбин. Однако вследствие тяжелых условий работы лопатки из таких сплавов имеют склонность к износу вследствие различных факторов, в том числе происходит и разрушение кромок [1–3]. Поэтому для повышения их прочности и износостойкости широко применяются различные методы, например метод электроискрового легирования, отличающийся простотой и экономической выгодой [4–6].

Цель исследования – исследование кинетики формирования упрочненного поверхностного слоя, его структуры и фазового состава на титановом сплаве ОТ4 в процессе электроискрового легирования.

Материалы и методы исследования

Нанесение покрытий осуществлялось на титановый сплав ОТ4 электродами из самофлюсующихся сплавов никеля системы Ni-Cr-Si-B-C типа ПГ-12Н-03 с помощью установки ЭЛФА 541 с системой позиционирования, которая контролирует перемещение анода в зависимости от типа детали по трем или пяти координатам. Температуру анода контролирует специальная система слежения и встроенная система охлаждения. Термопары служат для контроля температуры анода в конкретных точках [7]. Покрытия изучались с помощью микроскопа МИМ-8. Коэффициент трения и скорость изнашивания покрытий изучались на машине трения СМЦ-2 весовым методом.

Результаты исследования и их обсуждение

Технология процесса ЭИЛ определяется двумя основными взаимосвязанными совокупностями факторов [8, 9]:

– факторы, которые обусловлены режимами электроискрового легирования;

– факторы, определяющие состояние поверхностного слоя (эксплуатационные свойства, такие как микрогеометрия, уровень и знак остаточных напряжений, наличие и характер дефектов, а также элементный и фазовый состав электрода).

Основные сведения о кинетике нанесения покрытий на установке «ЭЛФА-541» показывают, что в сумме эрозия изучаемых материалов нелинейно изменяется с увеличением времени легирования.

Зависимости эрозии указанных сплавов от времени снижаются в течение трех минут процесса ЭИЛ и становятся стабильными при удельной длительности легирования, составляющей $\tau_{уд} > 8…10$ мин/см^2 [10, 11]. Эта зависимость объясняется тем, что при ЭИЛ длительностью (2,0…3,0) мин/см^2 исходное состояние определяет эрозию материала электрода, применяемого для легирования, которая соответствует физическим и химическим свойствам материала электрода для легирования. При увеличении продолжительности легирования на поверхности анода образуется слой, обладающий измененной структурой (вторичная структура). Указанная структура возникает из-за обратного переноса материала подложки – катода на электрод – анод и является истинным объектом эрозии, существенно влияющим на формирование ЛЭНП, до окончательного расхода легирующего электрода [12].

Возникновение вторичной структуры происходит за счет действия межэлектродной фазы, импульсных термомеханических нагрузок искрового разряда и обратного переноса материала. Преобладающим влиянием какого-либо из перечисленных выше факторов определяется вид кинетической эрозии, а следовательно, условия образования модифицированного поверхностного слоя и покрытия. Разрушению вторичных структур способствуют внешние термомеханические воздействия, а разрушение осуществляется в основном в подслое, имеющем явные признаки пластической деформации (рис. 3, а–в).

Таким образом, на подложку наносится не исходное вещество сплава для легирования, а сложный композиционный материал, образующийся при действии на него искровых разрядов, межэлектродной среды и обратного массопереноса.

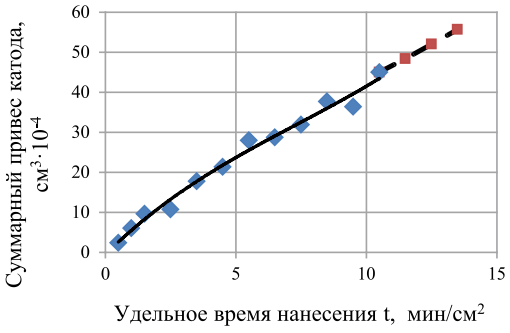
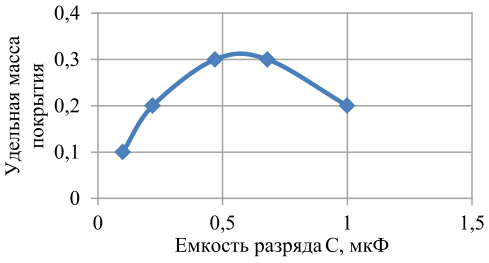
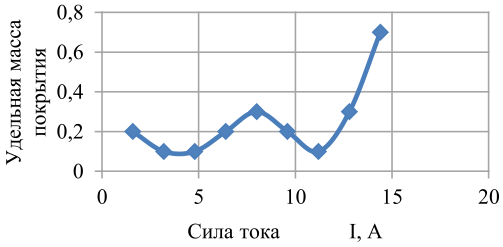


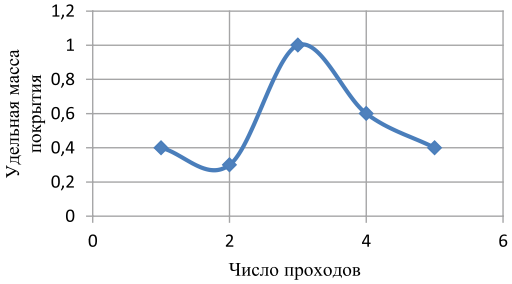
Рис. 1. Экспериментальные данные зависимости суммарного привеса катода от удельного времени нанесения покрытий



а)

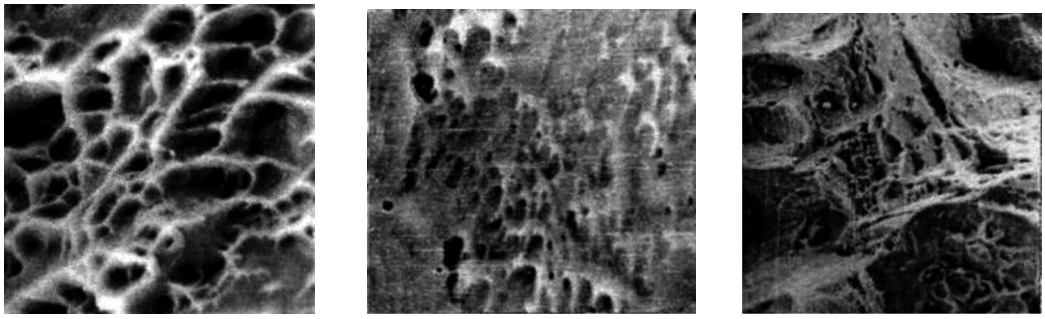


б)



в)

Рис. 2. Экспериментальные данные зависимости массы покрытия от величины емкости разряда (а), силы тока (б) и числа проходов (в)



а (х800) *б (х1600)* *в (х3200)*

Рис. 3. Электронная вторичная микроструктура анода после ЛЭН: катод – спеченный сплав ОТ4, анод – самофлюсующийся сплав системы Ni-Cr-Si-B-C типа ПГ-12Н-03 с добавкой порошка ВК8

Улучшению, по сравнению с материалом основы, механических свойств вторичной структуры способствует ударно-тепловое воздействие разряда, которое ускоряет процессы диффузии, динамическую и фазовую перекристаллизацию материалов. Образующаяся вторичная структура обладает повышенной микротвердостью, равной (8…10) ГПа.

На процесс электроискрового легирования большое влияние оказывает смачиваемость катода жидкой фазой материала анода. Поэтому в данной работе были изучены продукты эрозии, образованные в процессе ЛЭН на изучаемом материале. В продуктах эрозии жидкая фаза составляла (25…27)% с размером частиц (6…8) – 76/13 мкм, а твердая – (73…75)% с размером частиц (20…25) – 760/75 мкм. В знаменателе указан размер частиц, составляющий более 50% от общего количества.

Предпосылки для образования метастабильных кристаллических и аморфных фаз при ЭИЛ создает быстрое расплавление электродного материала и сверхбыстрое охлаждение расплава в слоях толщиной (5…25) мкм.

Для качественной оценки прочности легированных слоев использовалась нормальная нагрузка, вызывающая разрушение покрытия из-за скольжения индентора сферической или пирамидальной формы. Оценка параметров процесса разрушения упрочненного слоя осуществлялась с помощью оптического микроскопа по сколам и трещинам в краях канавки, образовавшейся в результате действия индентора. Указанный метод является косвенным, так как по нему нет возможности получить истинные значения характеристик сцепления и прочности покрытий, но он удобен для применения с целью сравнения и качественной оценки адгезионной прочности покрытий.

Была проведена оптимизация процесса нанесения покрытий ЭИЛ на титановый сплав ОТ-4 путем полного факторного эксперимента. Независимыми переменными являлись: х1 – емкость разряда; х2 – сила тока; х3 – число проходов; х4 – скорость переноса вещества. В результате составлено следующее уравнение регрессии:

$$У = 0{,}513 + 0{,}044x2 + 0{,}072x3 + 0{,}031x4 +$$

$$+ 0{,}052x1x4 – 0{,}054x2x3 + 0{,}052x1x2x3 +$$

$$+ 0{,}042x1x3x4 + 0{,}052x1x2x3x4.$$

Проведя анализ полученного уравнения, можно сказать, что основное влияние на качество покрытий оказывает число проходов, сила тока, соотношение параметров емкости и частоты вращения электрода, силы тока и количества проходов, а также совокупность всех факторов, а оптимальным режимом ЭИЛ, характеризующимся минимальной шероховатостью поверхности и максимальным коэффициентом переноса, будет: С = 0,22 мкФ; I = 9,6 А; n = 4; η = 890 мин.

Металлографические исследования [13–15] показали, что после электроискрового легирования на порошковом сплаве ОТ-4 происходит формирование электроискрового покрытия, обладающего толщиной (60…80) мкм и имеющего микротвердость равную (11,8…12,2) Гпа, со слоистым строением, один из слоев которого является «белой» прослойкой, не поддающейся травлению.

В микроструктуру образовавшихся покрытий из порошка ПГ-10Н-01 входит твердый раствор, имеющий в своем составе γ-фазу никеля и эвтектическую смесь γ'-фазы, включающую бориды никеля Ni_3B, Ni_2B, NiB, хрома CrB, силицида никеля Ni_2Si_5 и карбидов хрома Cr_7C_3, $Cr_{23}C_6$ имеющих пористость, равную (2…3)%. Этот твердый раствор имеет неоднородный состав с участками метастабильного раство-

ра, образующегося за счет пересыщения бором, и раствора включающего ликвации растворенного хрома и железа. В результате нагрева пересыщенный твердый раствор распадается с выделением дополнительного количества NiB.

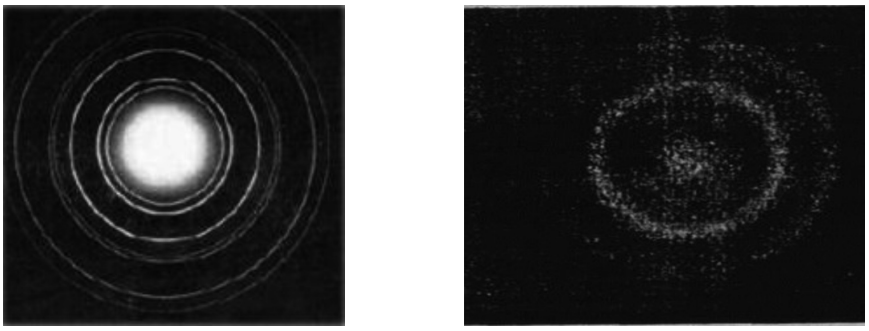
Наличие аморфной составляющей установлено в поверхностном слое покрытия путем применения метода косых рентгеновских съемок и просвечивающей электронной микроскопии. Электронограммы ЭИЛ покрытий показывают дифракционные отражения, характеризующие кристаллические фазы, на фоне размытых диффузионных максимумов интенсивности, которые характерны для материалов с аморфной составляющей (рис. 3, а, б).

Количество аморфных областей в слое составляет около (9…12)%, они имеют диаметры около (1,5…3,2) мкм, с кристаллами внутри, которые имеют размеры (0,08…0,12) – (0,28…0,33) мкм и в общей массе обладают шаровидной формой. Данные сведения были установлены путем количественной электронной микроскопии «белых слоев» за счет полного химического растворения сплава из титана и частичного растравливания покрытия. Отсюда следует, что при процессе легирования в результате неоднократных термовоздействий при единичном акте переноса электродного материала с анода на катод возникает частичная кристаллизация аморфной фазы.

Сформированная аморфоподобная структура границ зерен получается в результате аморфизирующего влияния кремния.

Далее рассмотрены зависимости механических свойств электроискровых титановых сплавов с электроискровыми покрытиями.

В воздухе минимальная скорость изнашивания (приблизительно в 25–30 раз меньше, чем у сплава ОТ4) обнаруживается после 1–1,5 ч воздействия трением, в это время завершается процесс приработки (рис. 5, 6). Однако следует отметить и небольшой износ контртела, а также низкое значение температуры приповерхностного слоя (25–30 °С), что говорит о наличии небольшой или вообще отсутствии пластической деформации и малом адгезионном взаимодействии карбида титана и рассматриваемых покрытий.



а) *б)*

Рис. 4. Электронограммы электроискровых покрытий ПГ – 10Н – 01: а) от кристаллической фазы; б) от аморфной фазы

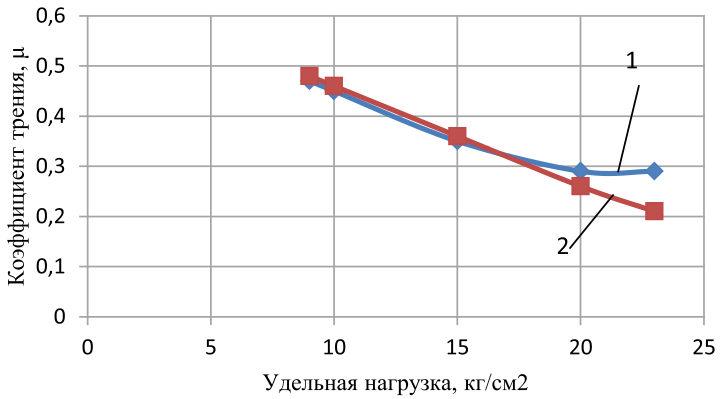


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения покрытий и сплава ОТ4 (1) и сплава с покрытием (2) от нагрузки при трении на воздухе

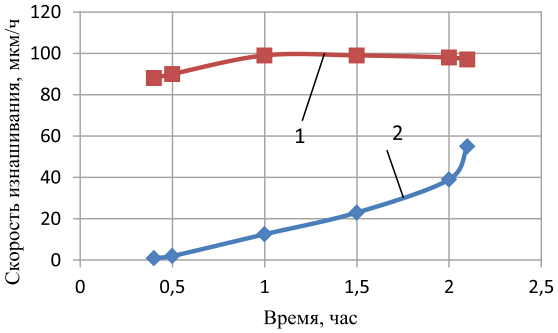


Рис. 6. Зависимость скорости изнашивания покрытий и сплава ОТ4 от времени испытания при трении на воздухе: сплав ОТ4 (1), сплав с покрытием (2)

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что нанесение электроискрового покрытия существенно повышает износостойкость титанового сплава путем влияния на фазовый состав поверхностного слоя. А именно, на подложку происходит перенос не исходного легирующего сплава материала анода, а сложного композиционного материала с улучшенными механическими свойствами и повышенной микротвердостью.

Покрытие обладает повышенной твердостью за счет γ-фазы никеля и эвтектической смеси γ'-фазы, имеющих пористость не более 3 %.

Отмечается, что зависимость скорости изнашивания повышается почти в 2 раза, по сравнению с немодифицированным сплавом, а коэффициент трения сплава с покрытием снижается в 1,5 раза.

Список литературы

1. Koshuro V.A., Fomina M.A., Fomin A.A., Rodionov I.V. Metal oxide (Ti,Ta)-(TiO2,TaO) coatings produced on titanium using electrospark alloying and modified by induction heat treatment. Composite structures. 2018. V. 196. P. 1–7.

2. Иванов В.И., Бурумкулов Ф.Х. Электроискровое легирование // РИТМ: Ремонт. Инновации. Технологии. Модернизация. 2010. № 4 (52). С. 30–32.

3. Иванов В.И. Электроискровое легирование при производстве, обслуживании и ремонте техники: перспективы // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 133–139.

4. Mezentsov S., Koshuro V.A, Fomin A.A., Rodionov I.V. Formation of wear-resistant oxide-carbide coatings on titanium by electrospark alloying. Journal of Physics Conference Series. 2018. V. 12. P. 1–4.

5. Mikhailov V.V., Gitlevich A.E., Verkhoturov A.D., Mikhailyuk A.I., Belyakov A.V., Konevtsov L.A. Electrospark alloying of titanium and its alloys: The physical, technological, and practical aspects. Part I. The peculiarities of the mass transfer and the structural and phase transformations in the surface layers and their wear and heat resistance. Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2013. V. 49. I. 5. P. 373–395.

6. Kovacik J., Baksa P., Emmer Š. Electro spark deposition of TiB_2 layers on Ti6Al4V alloy. Acta Metallurgica Slovaca. 2016. V. 22. Is. 1. P. 52–59.

7. Burkov A.A., Kulik M.A. Electrospark deposition of coatings using Cr3C2 powder and their characterization. Letter of Material. 2019. Is. 9(2). P. 243–248.

8. Wang W., Han C. Microstructure and Wear Resistance of Ti6Al4V Coating Fabricated by Electro-Spark Deposition. Metals. 2019. V. 9. Is. 1. P. 1–11.

9. Xunzhong G., MinyuLiu F., Ma Z., Wang F., TaoJie L. Explosive Cladding and Hot Pressing of Ti/Al/Ti Laminates. Rare Metal Materials and Engineering. 2017. V. 46. Is. 5. P. 1192–1196.

10. Chang-bin T., Dao-xin L., Zhan· W. Yang G. Electrospark alloying using graphite electrode on titanium alloy surface for biomedical applications. Applied Surface Science. 2011. V. 257. Is. 15. P. 6364–6371.

11. Гадалов В.Н., Ворначева И.В., Ковалев С.В., Журавлев Г.М., Розина Т.Н. Электролитические боридные покрытия с добавками оксидов Cr_2O_3, ZrO_2 и Ta_2O_5 // Упрочняющие технологии и покрытия. 2016. № 10 (142). С. 28–30.

12. Гадалов В.Н., Гвоздев А.Е., Стариков Н.Е., Калинин А.А., Ворначева И.В., Макарова И.А. Применение эффекта сверхпластичности при диффузной сварке конструкций из титановых и алюминиевых сплавов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 11–2. С. 164–170.

13. Гадалов В.Н., Винокуров О.В., Савельев В.И., Толкушев А.А., Ворначева И.В. Изучение быстрозакристаллизованных порошков из отходов титановых сплавов ОТ-4 и ВТ20 после электроимпульсной обработки // Заготовительные производства в машиностроении. 2016. № 11. С. 42–46.

14. Гадалов В.Н., Филонович А.В., Ворначева И.В., Бондарев В.Е., Савельев В.И. Комбинированная электрофизическая обработка порошковых титановых сплавов // Лазеры в науке, технике, медицине: сборник научных трудов XXIX Международной конференции / Под ред. В.А. Петрова. 2016. Т. 29. С. 45–49.

15. Гадалов В.Н., Ворначева И.В., Филонович А.В., Филатов Е.А., Алымов Д.С. Комбинированная электрофизическая обработка порошковых титановых сплавов // Успехи современной науки. 2017. Т. 6. № 3. С. 157–163.

СТАТЬИ

УДК 37.036:7.011

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ВОСПИТАНИЯ ЛИЧНОСТИ И РАЗВИТИЕ СПОСОБНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ИСКУССТВА

[1]Амиржанова А.Ш., [2]Скрипникова Е.В.

[1]ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск, e-mail: aina71@bk.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», Омск, e-mail: evskripnikova@bk.ru

В представленной статье авторы рассуждают о том, что по сравнению с предреволюционной и советской педагогической системой, содержание современного художественного образования изменилось не в значительной степени. Связано это с тем, что без классической теории искусства постичь искусство невозможно. А как известно, искусство – есть мощный фактор, оказывающий влияние на воспитание и развитие любой личности. Художественное воспитание и развитие личности – это процесс многофункциональный. Авторы полагают, что целенаправленное художественное развитие, начатое как можно раньше и как можно квалифицированнее, является непременным условием формирования всесторонне развитой личности. Также они отмечают, что, несмотря на указанную ими в статье относительную стабильность художественного образования, все же задача педагога – находить и использовать новые художественные идеи или художественно-педагогические концепции для видоизменения содержания образования. Вместе с тем развивающая функция искусства проявляется в совершенствовании различных способностей личности, связанных в первую очередь с художественным восприятием искусства и с творческой деятельностью. Восприятие искусства и, в дальнейшем, художественно-творческая деятельность переносят человека в мир особых художественных переживаний и эстетических эмоций, которые направляют психическую деятельность человека в новое русло, создающее эмоциональную разрядку. Таким образом, по мнению авторов, художественное воспитание и развитие личности можно рассматривать только в контексте целенаправленного и организованного процесса, протекающего под руководством педагога, ориентирующегося не только в области искусства, но и в области художественной педагогики и психологии.

Ключевые слова: художественное воспитание, творчество, идеал, восприятие, изобразительная деятельность, воображение, образ

SOME ASPECTS OF ARTISTIC EDUCATION OF THE PERSONALITY AND DEVELOPMENT OF ABILITIES BY MEANS OF ART

[1]Amirzhanova A.Sh., [2]Skripnikova E.V.

[1]Omsk State Technical University, Omsk, e-mail: aina71@bk.ru;
[2]Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: evskripnikova@bk.ru

In the present article, the authors argue that, in comparison with the pre-revolutionary and with the Soviet pedagogical system, the content of modern art education has not changed significantly. This is due to the fact that without the classical theory of art, it is impossible to comprehend art. And as you know, art is a powerful factor influencing the upbringing and development of any personality. Art education and personal development is a multifunctional process. The authors believe that purposeful artistic development, begun as early as possible and as qualified as possible, is an indispensable condition for the formation of a comprehensively developed personality. They also note that in spite of the relative stability of art education indicated by them in the article, it's still up to the teacher to find and use new artistic ideas or artistic and pedagogical concepts to modify the content of education. At the same time, the developmental function of art is manifested in the improvement of various personal abilities, associated primarily with the artistic perception of art and with creative activity. The perception of art and, in the future, artistic and creative activity transfer a person to the world of special artistic experiences and aesthetic emotions, which direct human mental activity to a new direction, creating an emotional discharge. Thus, according to the author, artistic education and personal development can be viewed only in the context of a purposeful and organized process under the guidance of a teacher who orients not only in the field of art, but also in the field of artistic pedagogy and psychology.

Keywords: artistic education, creativity, ideal, perception, graphic activity, imagination, image

Как известно, основу художественного образования составляют такие факторы, как художественное воспитание, художественное развитие и художественное обучение. Художественное воспитание в данном случае мы рассматриваем как целенаправленный процесс формирования у личности способности воспринимать, чувствовать, переживать, любить и оценивать искусство, наслаждаться им и создавать художественные ценности. В целом художественное обучение – это весьма трудоемкий процесс, предполагающий освоение личностью совокупности знаний по теории, истории искусства, формирование мировоззренческих установок, личностного отношения к искусству и художественному творчеству. Художественно-творческое развитие мы понимаем как форму деятельности, направленную на формирование и развитие

способностей личностей в разных видах искусства. Все же стоит отметить тот факт, что выделение этих компонентов в системе художественного образования имеет весьма условное понимание. В действительности они взаимосвязаны и оказывают огромное влияние на любую творческую деятельность. Определение этих компонентов как единых аспектов, оказывающих влияние на личность, неразрывно связано с организацией учебно-воспитательного процесса и в выборе более оптимальных вариантов в постановке цели и задач.

Цель исследования: проанализировать некоторые особенности художественного воспитания личности и развитие способностей посредством искусства.

Содержание художественного образования на современном этапе изменилось совсем незначительно, по сравнению с педагогикой социалистического периода и, более того, предшествующими ей периодами. И это закономерно: без классической теории искусства искусство не постигнешь. Что же касается мировоззрения личности ребенка вообще, эстетических взглядов, художественного кругозора и положительного идеала в искусстве, то ответственность за них вынужден полностью взять на себя преподаватель, развивающий в личности творчество. Какой гражданин нужен нашему обществу, какие качества необходимо воспитать у подрастающего поколения, какие образцы искусства каждая личность должна усвоить в качестве идеала?

Ответы на эти да и многие другие вопросы сейчас актуальны для каждого педагога, так как прежний социальный заказ, ориентированный на активного строителя социалистического общества, не нашел на современном этапе адекватной замены. Хотя нужда в активных строителях позитивного будущего нисколько не стала меньше, проблема положительного идеала, формируемого с помощью искусства, еще не решена.

Ориентация некоторых педагогов только на личностный компонент в художественном образовании может привести к чрезмерной абсолютизации индивидуального психологического, а порой и подсознательного начала в детском творчестве. В данный момент очень важно сохранить все то хорошее, что было накоплено предшествующей художественной педагогикой, в том числе педагогикой советского периода.

Несмотря на указанную нами относительную стабильность художественного образования, все же необходимо помнить, что избранные педагогом основная художественная идея или художественно-педагогическая концепция значительно видоизменяют содержание образования, иначе акцентируют различные его компоненты.

Когда речь заходит об инновационных, то есть новых, нетрадиционных технологиях в художественном образовании, необходимо помнить, что под этим подразумевается педагогический процесс, который состоит из трех компонентов: определение цели, содержания и метода. Цель в инновационных технологиях ориентирована на положительный результат художественного образования.

Все чаще в современной педагогике используют такое понятие, как «педагогическое проектирование». Под этим понятием стоит понимать процесс, связанный с целеполаганием, прогнозированием, планированием, диагностикой и коррекцией процессов образования. Начинается он с разработки учебного плана, продолжается в составлении программ и завершается подготовкой отдельных учебных занятий. Наиболее актуальным звеном педагогического процесса обучения искусству является составление программы, учитывающей региональные социокультурные особенности.

Разработка проектов художественного образования требует от авторов безусловной художественной грамотности и охватывает все направления образовательного процесса – воспитание, развитие и обучение. Необозримые перспективы для педагогического творчества открывает появление новых типов образовательных учреждений и форм обучения изобразительному искусству.

Итак, художественное воспитание и развитие личности средствами искусства, на наш взгляд, можно условно разделить на две вполне обособленных этапа:

1. Художественное восприятие действительности в связи с изображаемой темой

2. Собственно изобразительная деятельность – материализация замысла.

Связующим звеном между ними выступает эстетическое, художественное переживание действительности. Задача первого этапа – это получение художественного переживания. Задачей второго этапа является воплощение образного эквивалента полученного переживания, т.е. изображения, окрашенного определенной гаммой чувств.

Разнообразие действующих ныне программ и авторских взглядов определяют многообразие и разнородность предлагаемых обучающих и воспитательных концепций. Точка зрения, предлагаемая нами, безусловно и однозначно ориентирована на художественное освоение действительности при решающей роли рисования с натуры как основы для развития всех других видов изобразительной деятельности.

Любая изобразительная деятельность личности является эстетической ценностью. В ней сочетаются теоретические знания (основы композиции, перспективы, цветоведения) и технические приемы ради главного – воплощения специфическими художественными средствами в изображении и мыслей, и чувств: это и есть то самое эстетическое отношение личности ребенка к действительности, которое составляет суть эстетического воспитания [1, с. 39]. В обучении личности ребенка изобразительной грамоте нет и намека на подавление индивидуальности и самостоятельности. Гармоничное сочетание основ изобразительной грамоты со свободой выбора художественных средств и приемов выражения и изображения позволяют свободно развиваться творческой самобытности каждой личности.

Декларирование этого принципа – вынужденная реакция на имеющую место в художественной педагогике тенденцию принижения роли обучения в художественном образовании личности и отрицания необходимости обращения к натуре. Многообразие предметов и явлений окружающего мира становится объектом эстетической оценки, эстетического переживания и, одновременно, побуждающим стимулом к изобразительной деятельности.

Гармония цветовых отношений, благородство и выразительность формы, изящество линий, необычность фактуры являются причиной возникновения элементарных художественных переживаний: чувство цвета, как и чувство формы, являются наиболее распространенным случаями эстетического восприятия.

Следовательно, нет никаких оснований отвергать натуру как источник возникновения художественных переживаний. Этот вывод не противоречит концепции художественного развития личности. Творческое воображение опирается на непосредственное восприятие, а фантазия развивается на образах репродуктивного воображения. Отсюда вытекают три основных момента, связанных с художественным восприятием, осмыслением и отражением в изобразительной деятельности представление и переживаний автора.

1. Художественное восприятие действительности в каждом конкретном случае отвечает определенным художественным целям. В процессе изобразительной деятельности нужно учить обучаемого видеть эстетические признаки натуры. Причем эстетическая категория красивого и прекрасного в последних исследованиях трансформируется в более гибкую категорию выразительного. Восприятие действительности организуется педагогом в соответствии со следующими методическими установками: мотивацией цели наблюдения, выделением объектов наблюдения, их существенных эстетически значимых признаков, формированием образных представлений и их фиксацией изобразительными средствами.

2. Художественное переживание действительности связано с моделированием психолого-педагогической ситуации на основе воздействия природы и синтеза искусств для повышения эмоциональной отзывчивости у обучаемого, поиском изобразительного эквивалента на эстетическую реакцию личности.

3. Художественное отражение действительности связано с методикой перевода субъективных образов восприятия в непосредственно изображаемый образ. На этом этапе очень важно знакомство личности с языком изобразительного искусства, освоение и совершенствование этого языка. В изобразительной деятельности богатство эстетических переживаний раскрывается при помощи специфических выразительных средств. Изучение художественного опыта, стремление понять логику создания произведения искусства, понять зависимость между восприятием действительности и трактовкой автором художественного образа создает для личности школьника возможность знакомства с множеством примеров художественной обработки впечатлений действительности. Необходимо показать, как концентрирует автор в художественном образе наиболее существенные и эстетически значимые черты. Задачей этого этапа является анализ художественных произведений, направленный на изучение изобразительно-выразительных средств и совершенствование на этой основе изобразительной техники обучаемых.

Развитие специальных способностей, в том числе и художественных, начинается уже в дошкольном возрасте и активно продолжается в младшем и среднем школьных возрастах. Для развития художественных способностей личности необходимо построить систему развивающих упражнений и заданий. Одним из ведущих компонентов художественных способностей является художественность восприятия. Изобразительной деятельности всегда предшествует психологический акт непосредственного восприятия окружающего мира или акт трансформации образов-восприятий, образов-представлений в желаемой для воспроизведения образ. Художественное восприятие как способность значительно отличается от обыденного восприятия.

Главным качеством художественного восприятия является цельность (целостность). Целостное восприятие – основа изобразительного искусства. В результате целенаправленного и осмысленного наблюдения каждый художник преобразует впечатления о действительности, чтобы из всего многообразия свойств и признаков выделить те, которые составляют сущность художественного образа [2].

Все эти сложные осознаваемые и подсознательные психические акты направлены на формирование целостного образа-представления. Другими специфическими качествами художественного восприятия являются осмысленность, апперцепция, избирательность и аконстантность. Осмысленность характеризуется как акцентирование внимания на главном, значительном в реальном объекте или среде, отказ или отвлечение от малозначащего. Апперцепцией принято считать тот опыт, который человек получил от прежнего восприятия и использовал, в свою очередь, его в дальнейшем. Как известно, каждый художник обладает особым, избирательным видением. Создавая тот или иной композиционный строй, он старается брать во внимание лишь то, что необходимо или выглядит наиболее интересным и значимым. Что же касается аконстантности, то она имеет важное значение в творческой деятельности. То есть это то, что дает возможность творческой личности выйти за рамки стереотипов, освободиться от общепринятых шаблонов. Умение преобразовать цветовой строй, конструкцию предметов, отказ от реальной среды – все это связано с аконстантным видением творческой личности [3, с. 67].

Также к разряду способностей, безусловно, относится способность воображения. Воображение – это присущая только человеку способность создания новых образов (представлений) путем переработки предшествующего опыта. Психическая деятельность воображения тесно связана с деятельностью восприятия и мышления в едином процессе создания художественного продукта. С помощью воображения на основе образов восприятия и представления осуществляется мысленный выход за пределы непосредственно воспринимаемого. Основная задача воображения – создание образа ожидаемого результата до его осуществления. Вся художественная деятельность строится на активном воображении, творческом мышлении [2]. Поэтому творческая художественная деятельность невозможна без постоянного расширения опыта личности. Формы расширения такого опыта могут быть самыми разнообразными: от целенаправленного наблюдения действительности и восприятия произведений искусства до сочинения сказок и стихов, проведения ролевых игр.

Для изобразительной деятельности одинаково важны оба вида воображения: воссоздающее (репродуктивное) и творческое (продуктивное). Для того чтобы создать воображаемый образ, можно использовать ряд способов. Довольно-таки часто эти способы человек использует сам того не осознавая. Первый способ – агглютинация, т.е. «склеивание» различных несоединимых в повседневной жизни частей. В качестве примера могут служить такие мифологические образы, как кентавр, птицы Феникс и Сирин, где в образе объединены черты человека и животного, человека и птицы. Второй способ – гиперболизация. Это парадоксальное увеличение или уменьшение предмета или отдельных его частей: карлик-Нос, Мальчик-с-пальчик. Третий способ создания образов воображения – схематизация. В данном случае, автор четко прорисовывает или прописывает только важные черты сходства [4, с. 34]. Четвертый способ – типизация: выражение в единичном явлении (предмета) характерных, существенных черт, присуще целому виду или классу. Примером типизации в искусстве могут служить образы, созданные художниками: А.Н. Ярошенко («Кочегар», «Курсистка»), А.Е. Архиповым («Прачка»), Ф.А. Малявиным («Бабы») и т.д. Пятый способ – акцентирование. В создаваемом образе какая-то часть, деталь выделяется, подчеркивается. Примером является шарж, карикатура [5, с. 97].

Что же касается способности как художественного мышления, то в изобразительной деятельности оно развивается последовательным естественным путем по мере того, как усложняются задачи и проблемы, стоящие перед обучаемой личностью в каждой новой теме или задании. Вместе с тем можно активизировать художественное мышление различными приемами и средствами. Примером может служить упражнение, которое психологи называют «перевоплощением» и которое в изобразительной деятельности приобретает свою специфику. При изучении законов перспективы перевоплощение может выглядеть следующим образом: дети должны представить себя поочередно вороной из басни И.А. Крылова, сидящей на ветке с сыром в клюве, и лисой под деревом. Как изменится изображение с этих разных точек зрения, какие произойдут изменения в перспективном ракурсе? В данном случае вариантом может стать рисунок с точки зрения, например, муравья, ползущего по стволу дерева. Или, напри-

мер, интересно увидеть и изобразить реально стоящий натюрморт с точки зрения стрекозы, бабочки или осы, летающих над ним.

Стимулируют художественное мышление личности и упражнения, связанные с изменением образа хорошо знакомых вещей. Освоение законов перспективы всегда достаточно сложное задание. Рисуя обыкновенный стул с двумя и одной точкой схода (во фронтальной и угловой перспективе), обучаемый решает, как правило, только учебную задачу. Можно это задание видоизменить и создать образ вещи: искалеченный многострадальный школьный стул с перевязанной бинтом ножкой или трон короля, кресло ученого и т.д. Психологи предлагают тест, содержание которого хорошо «ложится» на изобразительную деятельность, – «Автопортрет». В психологии этот тест имеет сложную систему обработки и интерпретации, но в развитии художественно-образного мышления личности, можно использовать один из критериев этого теста – метафорическое изображение: т.е. ребенку можно предложить изобразить себя в роли сказочного, литературного или фантастического персонажа [6, с. 234].

В заключение, подводя итог, можно отметить, что в современной педагогической науке прочно утвердились позиции необходимости и огромной значимости художественного воспитания для развития и становления личности, обогащения ее культуры. Что же касается развития способностей, то в изобразительной деятельности они развиваются комплексно, т.е. все они взаимосвязаны и взаимообусловлены. Таким образом, организуя изобразительную деятельность, педагог не только занимает, развлекает или обучает ребенка, в первую очередь он дает ему возможность стать творческой личностью.

Список литературы

1. Ермолаева Н.В. Эстетическое воспитание дошкольников через декоративно-прикладное искусство. Парциальная программа. М.: Детство-Пресс, 2011. 160 с.

2. Выготский Л.С. Психология искусства. М.: Лабиринт, 2010. 352 с.

3. Эстетическое воспитание и развитие детей дошкольного возраста / Под ред. Е.А. Дубровской, С.А. Козловой. М., 2010. 132 с.

4. Березина В.Г., Викентьев И.Л., Модестов С.Ю. Детство творческой личности. СПб.: Издательство Буковского, 2011. 60 с.

5. Казакова Р.Г., Сайганова Т.И., Седова Е.М., Слепцова В.Ю., Смагина Т.В. Рисование с детьми дошкольного возраста: нетрадиционные техники, планирование, конспекты занятий. М.: Сфера, 2010. 188 с.

6. Краснушкин Е.В. Мир искусства. Портрет. М.: Мозаика-Синтез, 2011. 797 с.

УДК 372.851

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГУЛЯТИВНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ У УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

Аргунова Н.В., Попова А.М.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: nargunova@yandex.ru, poalmi@list.ru

Данная статья посвящена актуальной проблеме современного образования – формированию регулятивных универсальных учебных действий. Описаны содержательные аспекты и основные подходы к раскрытию содержания понятия «общеучебные умения», «универсальные учебные действия». В широком значении термин «универсальные учебные действия» означает умение учиться. В более узком этот термин можно определить как совокупность способов действия. Умение учиться – это владение учащимися совокупностью основных общеучебных умений и навыков. Таким образом, понятие «универсальные учебные действия» опирается на понятие «общеучебные умения», обеспечивающее школьникам умение учиться, способность к саморазвитию и самосовершенствованию. В статье универсальные учебные действия рассматриваются как обобщенные действия, входящие в деятельность учения. Важное место в формировании умения учиться занимают регулятивные универсальные учебные действия, обеспечивающие организацию, регуляцию и коррекцию учебной деятельности обучающегося. В связи с этим сделан акцент на анализ регулятивных универсальных учебных действий (целеполагания, планирования, прогнозирования, контроля, коррекции, оценки и волевой саморегуляции) и определены компоненты действий регулятивных УУД. Рассмотрены примеры использования методических приемов формирования действий целеполагания, прогнозирования, контроля и коррекции на уроках алгебры и геометрии.

Ключевые слова: регулятивные универсальные учебные действия, компоненты действий, методические приемы формирования регулятивных универсальных учебных действий

USE OF METHODOLOGICAL TECHNIQUES IN DEVELOPING STUDENTS' REGULATORY UNIVERSAL LEARNING ACTIVITIES IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS

Argunova N.V., Popova A.M.

North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: nargunova@yandex.ru, poalmi@list.ru

This article is devoted to the topical issue of modern education – development of regulatory universal learning activities. The aspects and the main approaches to the disclosure of the content of the concept «general educational skills», «universal learning activities» are described. In a broad sense, the term «universal learning activities» means the ability to learn. In a narrower term, it can be defined as a set of methods of activities. The ability to learn is the students' competences in general learning skills. Thus, the concept of «universal learning activities» is based on the concept of «general educational skills», which provides students with the ability to learn, the ability for self-development and self-improvement. In the article, universal learning activities are considered as general learning activities included in educational activities. Regulatory universal learning activities that provide for the organization, regulation and correction of the students' learning activities play an important role in developing the ability to learn. In this regard, emphasis was placed on the analysis of regulatory universal learning activities (goal setting, planning, forecasting, control, correction, evaluation, and self-regulation) and the operational composition of their formation was determined. The examples of the use of methods for the development of goal-setting, prediction, control and correction in the lessons of algebra and geometry are considered.

Keywords: regulatory universal learning activities, elements of activities, methodological techniques for the development of regulatory universal learning activities

Современные всемирные взгляды, тенденции образования способствовали принятию иных стандартов образования в России. В Федеральном государственном образовательном стандарте одним из основных требований к результатам освоения основной образовательной программы определяется развитие и саморазвитие личности обучающихся на основе формирования УУД. Таким образом, основной целью современного образования становится развитие у учащихся способности самостоятельно усваивать новые знания, проектировать пути и способы реализации, поставленной цели, а в дальнейшем контролировать и критично оценивать процесс своей деятельности.

Цель исследования: обозначить методические приемы, которые будут содействовать формированию регулятивных универсальных учебных действий в процессе обучения математике.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования стала научная, научно-методическая литература, в которой особого внимания заслуживает проблема формирования регулятивных универсальных учебных действий, а также собственный педагогический опыт. В качестве ме-

тодов использовались теоретический анализ, анализ психолого-педагогической и методической литературы, изучение, систематизация и обобщение материалов по данной проблеме.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблемы разработки системы обучения, при которой достигался бы более значительный уровень развития, чем при обучении по устоявшимся методикам, рассматривались еще в далекие 1960-е гг. научным коллективом под руководством Л.В. Занкова. Они подчеркивали важность создания основы для всестороннего гармонического развития учащихся в начальной школе, построенного на принципах осмысления взаимосвязи и систематизации изучаемого материала, личностной рефлексии и саморегуляции с учетом индивидуальных особенностей учащихся [1, с. 16–17].

С.Л. Рубинштейн, изучая психические явления и их внутренние взаимосвязи, писал, что для их понимания «нужно прежде всего найти ту «клеточку», или «ячейку», в которой можно вскрыть зачатки всех элементов психологии в их единстве». «...Такой клеточкой является любое действие, как... единица деятельности» [2, с. 192–193].

Н.Ф. Талызина [3, с. 7] писала: «Образ всегда есть результат, продукт определенных действий. Восприятие как чувственный образ – результат действий восприятия, продукт «воспринимания»». И выделила, что при этом ведущая роль принадлежит действию.

Постепенно педагоги ученые пришли к выводу, что знания невозможно получить без действий, поэтому учителю необходимо иметь представления о видах действий и о том, как их формировать.

Далее Ю.К. Бабанским была разработана классификация основных умений и навыков учебного труда (общеучебных умений и навыков), соответствующей не только структуре деятельности, но и процессу усвоения знаний, который состоит из таких элементов, как принятие цели, мотивации усвоения, восприятие, осмысление и оперирование учебной информацией, самоконтроль и анализ результатов освоения. Таким образом, владение совокупностью основных умений и навыков учебного труда характеризует умение рационально учиться.

К сожалению, понимая важность развития общеучебных умений учащихся, долгое время в системе российского образования всерьёз их формированием были озадачены только представители развивающего обучения во главе с В.В. Давыдовым и Д.Б. Элькониным. Лишь в 2004 г. в Федеральном компоненте образовательного стандарта начального общего образования как преимущество указывается формирование общеучебных умений и навыков и только в 2012 г. был принят Федеральный государственный образовательный стандарт, методологической основой которого является системно-деятельностный подход, предполагающий формирование готовности обучающихся к саморазвитию и непрерывному образованию. Требования к результатам освоения основной образовательной программы стандарт отражены в личностных, метапредметных и предметных результатах. К метапредметным относится освоение универсальных учебных действий. Сформированные у учащихся универсальные учебные действия должны дать им возможность самостоятельно осуществлять учебную деятельность, способствовать их саморазвитию и самосовершенствованию, создавать основу для дальнейшей самореализации учащихся как личности, положительно влиять на успешность достижения образовательных результатов [4].

В данной статье остановимся на формировании регулятивных УУД. И, прежде всего, разберемся со значением слова «регулятивный». Регулятивный – определяющий направление, развитие чего-нибудь, вносящий порядок, планомерность во что-нибудь [5]. Иммануил Кант под регулятивным понимал принцип разума, который регулирует только созерцание, мышление и направляет к познанию [6].

По мнению авторского коллектива под руководством А.Г. Асмолова, регулятивные действия можно определить как совокупность способов действия учащегося, обеспечивающих самостоятельное усвоение новых знаний, формирование умений, включая организацию этого процесса. Таким образом, регулятивные универсальные учебные действия призваны обеспечивать не только регуляцию, но и организацию и коррекцию учебной деятельности. Исследуя особенности формирования регулятивных УУД, мы пришли к выводу, что суть их формирования заключается в том, что учащийся должен владеть отдельными компонентами каждого действия. Далее рассмотрим компоненты действий регулятивных УУД.

1. Целеполагание: Смотивировать учащихся на временную перспективу ⇒ определить границы знания и незнания выбранной темы ⇒ формулировать устно и письменно цель деятельности ⇒ обосновать значения цели для решения учебных и жизненных потребностей ⇒ конкретизировать цели до поэтапного выполнения ряда задач ⇒ вы-

делить способы и средства достижения цели ⇒ соотносить цели с конечным результатом.

2. Планирование. Сформировать мотивационную основу действия ⇒ составить схему ориентировочной основы действия ⇒ сформировать действия в материализованной форме ⇒ оформить действия в громкой речи (действие с «проговариванием») ⇒ формировать действия во внутренней речи «про себя» ⇒ формирование действия во внешней речи ⇒ составить план действий процесса решения учебной задачи с учетом расходования времени ⇒ соотнести поставленную цель с конечным результатом ⇒ анализировать выполнение плана ⇒ внести исправления и дополнения в план в случае изменения условий.

3. Прогнозирование. Прогнозировать конечный результат работы ⇒ прогнозировать этапы решения учебной задачи для достижения конечного результата с учетом расходования времени ⇒ прогнозировать возможные трудности для достижения конечного результата (ошибкоопасных моментов).

4. Контроль. Сопоставлять собственные действия с образцом действия ⇒ сопоставлять полученный результат с образцом ⇒ анализировать и учитывать условия выполнения действия.

5. Коррекция. Обозначить индивидуальные пути преодоления индивидуальных трудностей ⇒ вносить изменения (коррективы) в план действий достижения конечного результата с учетом индивидуальных затруднений.

6. Оценка. Выделять критерии оценки деятельности (учителем самостоятельно или в совместной договоренности учителя с учащимися) ⇒ осознавать то, что уже усвоено, а что подлежит дальнейшему повторению ⇒ осознавать уровень качества освоения способа ⇒ выделять достижения поэлементно (выделение отдельных элементов знаний и умений, оценивание их поэлементно) ⇒ выделять трудности при изучении темы ⇒ выделять причины неудач при выполнении работы.

7. Волевая саморегуляция. Мобилизовать силы и энергию учащихся ⇒ преодолевать препятствия, возникающие в ходе выполнения действий.

Далее рассмотрим некоторые примеры методических приемов формирования регулятивных универсальных учебных действий на уроках математики.

Приемы формирования целеполагания. Прием «Задай вопрос». В начале изучения темы «Площадь поверхности цилиндра» можно задать следующее задание: Даны две жестяные банки цилиндрической формы. Первая банка в два раза шире второй, а вторая вдвое выше первой. Для того чтобы этот текст стал задачей, добавьте к этому условию вопрос.

В 6 классе на этапе актуализации темы «Сложение чисел с помощью координатной прямой» можно использовать стандартный *прием «Удивляй»*. Проводится фронтально. Ответьте на вопросы: 1) Как изменился бы климат Якутии, если бы температура воздуха повысилась на 30 градусов (зимой и летом)? 2) Как бы изменилась территория села Техтюр, если бы уровень озера Туора-Кюель повысился на 80 метров? (использование физической карты Мегино-Кангаласского улуса).

В 8 классе (целеполагание как постановка учебной задачи уже известного и еще неизвестного) при изучении теоремы Виета раздаются листы с заданием заполнить таблицу. После заполнения ученики замечают связь между корнями уравнений и произведением/суммой коэффициентов. Исходя из этого выявляют связь между коэффициентами квадратного уравнения и его корнями (рис. 1).

Рис. 1. Раздаточный лист с заданием

Приемы формирования действия прогнозирования. Прогнозирование ошибок. При изучении темы «Арифметический квадратный корень» перед решением задачи можно показывать ошибки, не дожидаясь, пока ученики их сделают.

На доске можно записать такую строчку: $\sqrt{a^2} = \pm a$. Затем распишем её поподробнее: $\sqrt{a^2} = a$ или $\sqrt{a^2} = -a$. Теперь из первого равенства вычтем второе и получим $0 = 2a$, откуда получаем, что $a = 0$.

Можно вместо а поставить конкретное значение, например, $a = 2$. Тогда получим, что $0 = 4$. Потом уже объясняется смысл знака радикала и термина «арифметический корень».

При изучении темы «Степень с рациональным показателем» выпишем такую последовательность равенств:

$$1 = \sqrt[6]{1} = \sqrt[6]{(-1)^2} = (-1)^{\frac{2}{6}} = (-1)^{\frac{1}{3}} = -\sqrt[3]{1} = -1.$$

Здесь ошибка заключена в переходе $\sqrt[6]{(-1)^2} = (-1)^{\frac{2}{6}}$, так как при определении степени с дробным показателем определены только для неотрицательных чисел.

Приемы формирования действия контроля. Задания-ловушки. Задания-ловушки могут быть разными: не имеющими решения, имеющими несколько решений, с лишними данными, с недостающими данными, с опережающим материалом. Например, при изучении темы «Объемы цилиндра» можно задать следующую задачу с недостающими данными по чертежу (рис. 2), с вопросом «Какую часть цилиндра вырезали?».

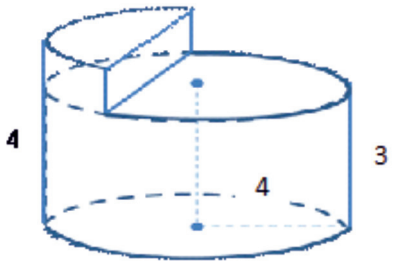


Рис. 2. Чертеж к задаче с недостающими данными

При изучении темы «Сокращение дробей» можно задать следующие вопросы: Можно ли «сократить» дробь: а) $\frac{16}{64}$, вычеркнув 6? б) $\frac{19}{95}$, вычеркнув 9? в) $\frac{13}{39}$, вычеркнув 3?

Суть данного приема заключается в том, чтобы научить контролировать условия задания, находить ошибки, определять границы знаний.

Прием «Шпаргалки». Содержание задачи дается на карточке. Задача ученика – передать содержание задачи с помощью рисунков, условных обозначений или схем. Закончив, отдает учителю. После всего этого ученикам раздаются шпаргалки, составленные другими учениками. По этой шпаргалке им нужно воспроизвести текст. Например, при изучении темы «Отрицательные и положительные числа» можно учащимся предложить следующие задачи, по которым нужно составить шпаргалки:

1. Высота возвышенности Дылбаахы в Мегино-Кангаласском улусе 92 м, а глубина озера Токур Кюель 8 м. Как можно выразить данные с помощью положительных и отрицательных чисел?

2. Село Техтюр находится на 25 м ниже уровня моря, а город Якутск на 20 м выше уровня моря. Как можно выразить данные с помощью положительных и отрицательных чисел?

3. В селе Техтюр Мегино-Кангаласского улуса была зафиксирована максимальная температура 32,8 °С и минимальная 52,2 °С. Как можно выразить данные с помощью положительных и отрицательных чисел?

4. Из истории аномальных ситуаций: В 2006 г. в городе Нерюнгри была зафиксирована температура 37 °С тепла, а в поселке Усть-Нера 72 °С холода. Как можно выразить данные с помощью положительных и отрицательных чисел?

Приемы формирования действия коррекции. Найди ошибку и объясни его причину. Например, ученик решил задачу «В параллелограмме ABCD $\sin A = \frac{\sqrt{21}}{5}$. Найдите cos B» следующим образом: «Известно, что $\sin A = \sin(180 - A) = \sin B = \frac{\sqrt{21}}{5}$. Значит, синусы двух любых соседних углов параллелограмма равны. Теперь найдем cos B из тождества $\sin^2 B + \cos^2 B = 1$:

$$\cos B = \sqrt{1 - \sin^2 B} = \sqrt{1 - \frac{21}{25}} = \sqrt{\frac{4}{25}} = \frac{2}{5}.$$»

В чём допускает ошибку ученик? Перед квадратным корнем упускают знак «плюс» или «минус» и получают неотрицательное число. Это происходит из-за того, что здесь решается геометрическая задача и при использовании основного тригонометрического тождества, например при решении прямоугольного треугольника в курсе геометрии основной школы перед корнем всегда стоит плюс, так как в прямоугольном треугольнике углы острые, поэтому и значения тригонометрических функций углов положительны и учащиеся настолько привыкают к этому, что это как-то отпечатывается в сознании.

При изучении темы «Квадратичная функция» можно учащимся предложить следующее задание: «Найдите наибольшее и наименьшее значение функции $y = x^2 - x + 1$, где $x \in [2; 3]$.

«Решение Айааны». Так как $2 \le x \le 3$, то $4 \le x^2 \le 9$. Также получим $-2 \le -x \le -3$. Откуда, складывая получившиеся неравенства и прибавляя 1, получим, что $3 \le x^2 - x + 1 \le 7$.

Ответ: Наименьшее значение функции равно 1, наибольшее – 7.

«Решение Айсена». На промежутке [2; 3] функция $y = x^2 - x + 1$ возрастает, а потому $f(2) \le y \le f(3)$, т.е. $3 \le y \le 7$.

Ответ: Наименьшее значение функции равно 3, наибольшее – 7.

Являются ли решения верными? Какие есть ошибки? Объясните ошибки и недочеты в представленных решениях.

Для выявления объективной причины ошибок, учащимся предлагается проанализировать, сделать «маленькое исследование» причины ошибки. Анализируя причины ошибок, школьники учатся восстанавливать ход своей мысли и находить место ошибки.

Кроме этого можно использовать следующие задания:

– задайте вопрос к выступавшему у доски;

– выскажите замечания по тому, что сказано или написано;

– придумайте софистическую ошибку.

Заключение

Мы считаем, что применение различных методических приемов формирования регулятивных универсальных учебных действий будет способствовать развитию умения ставить конкретные жизненно-практические цели, расставлять приоритеты и планировать свою жизнь, оценивать текущую ситуацию и прогнозировать ее развитие и тем самым открывает возможность выбора успешных стратегий в различных ситуациях, успешного существования в современном обществе, используя всевозможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации жизненных планов.

Список литературы

1. Зайцев В.С. Современные педагогические технологии: учебное пособие. В 2-х кн. Книга 2. Челябинск: ЧГПУ, 2012. 496 с.

2. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2015. 705 с.

3. Талызина Н.Ф. Педагогическая психология. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. Издательский центр «Академия», 2013. 288 с.

4. Асмолов А.Г., Бурменская Г.В., Володарская И.А., Карабанова О.А., СалминаН.Г., Молчанов С.В. Как проектировать универсальные учебные действия в начальной школе: от действия к мысли: пособие для учителя / Под ред. А.Г. Асмолова. М.: Просвещение, 2008. 151 с.

5. Ушаков Д.Н. Большой толковый словарь современного русского языка. [Электронный ресурс]. URL: https://ushakovdictionary.ru/word.php?wordid=65801 (дата обращения: 27.06.2019).

6. Национальная философская энциклопедия. [Электронный ресурс]. URL: https://terme.ru/termin/reguljativnyi.html (дата обращения: 27.06.2019).

УДК 378

ЦИФРОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ – ДОМИНАНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В РЕГИОНАЛЬНЫХ ВУЗАХ

[1]Безпалова А.Г., [1]Миргородская О.Н., [1]Дадаян Н.А., [2]Легконогих А.Н.

[1]Ростовский государственный экономический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: bezpalova-anna@yandex.ru;

[2]Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: lan-666-121285@mail.ru

Целью статьи является изучение развития и внедрения региональными высшими учебными заведениями цифровых коммуникаций и их инструментария в образовательный процесс. Многолетний опыт работы в сфере образования подтверждает, что современные цифровые коммуникации и технологии позволяют достичь больших результатов в достижении востребованных на рынке знаний, умений и навыков для овладения профессией, что в современных ориентированных вузах стало приоритетом при наборе студентов, поддержании рейтинга профессорско-преподавательского состава и возвышении имиджа отдельного вуза над конкурентами. Авторское исследование выделенных проблем основано на мониторинге первичных и вторичных источников, а также мнениях профессорско-преподавательского состава двух региональных университетов г. Ростова-на-Дону, в ходе которого выявлено, что преподаватели готовы следовать современным тенденциям в образовании и совершенствовать образовательный процесс за счет использования цифровых коммуникаций и их инструментов в образовательном процессе с целью повышения качества образовательного продукта, привлечения все большего числа абитуриентов, возвеличивания собственного имиджа и рейтинга вуза. Результаты исследования нашли отражение в разработке рабочих программ по дисциплинам вузов и более целенаправленном привлечении студентов к использованию цифровых коммуникаций для выполнения аудиторных заданий.

Ключевые слова: цифровые коммуникации, доминанта образования в университете, образовательный процесс, инструментарий цифровых коммуникаций

DIGITAL COMMUNICATION IS A DOMINANT OF THE EDUCATIONAL PROCESS AT A REGIONAL UNIVERSITY

[1]Bezpalova A.G., [1]Mirgorodskaya O.N., [1]Dadayan N.A., [2]Legkonogikh A.N.

[1]Rostov State Economic University, Rostov-on-Don, e-mail: bezpalova-anna@yandex.ru;

[2]Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: lan-666-121285@mail.ru

The aim of the article is to study the development and implementation of regional higher education institutions of digital communications and their tools in the educational process. Years of experience in education confirms that modern digital communications and technologies allow to achieve great results in achieving marketable knowledge, abilities and skills to master the profession that in the modern oriented universities has become a priority in the recruitment of students, maintaining the rating of faculty and exaltation of the image of the individual University over the competition. The author's study of the selected problems is based on the monitoring of primary and secondary sources, as well as the opinions of the teaching staff of the two regional universities in the city of Rostov-on-don, in which revealed that teachers are willing to follow the modern trends in education and to improve the educational process through the use of digital communications and their tools in the educational process with the aim of improving the quality of the educational product, attracting an increasing number of applicants, exaltation of their own image and rating of the University. The results of the study are reflected in the development of work programs in the disciplines of universities and more targeted involvement of students in the use of digital communications for classroom assignments.

Keywords: digital communications, dominant education at the University, educational process, tools of digital communications

Вопрос внедрения и приоритетности цифровых коммуникаций в образовательный процесс высшего учебного заведения сегодня является актуальным, поскольку немногие региональные (локальные) университеты могут себе позволить оборудованные компьютерные аудитории, полный комплекс цифровых коммуникаций и их инструментария, что в совокупности направлено на совершенствование образовательного процесса, улучшению знаний, умений и навыков студентов и последующего их профессионального роста.

Цифровые коммуникации сегодня – это не только доступ в интернет в высшем учебном заведении, это еще и полное погружение образовательного процесса в информационное познание, что подразумевает овладение информацией, возможностью ее сбора, обработки, хранения и техники использования в образовательном процессе. На основе цифровых и информационных технологий в университетах формируются учебные планы, рабочие программы, методические и презентационные материалы и, как следствие, вопрос о развитии и внедрении цифровых

коммуникаций в образовательный процесс вуза сегодня является актуальным для всех субъектов научного пространства.

В условиях глобализации и интеграции всех мировых процессов образование приобретает еще и международный характер, что напрямую отражается на цифровизации вузов, аккумуляции всех усилий по внедрению цифровых коммуникаций и технологий для совершенствования качества образовательного продукта.

Проблема использования цифровых коммуникаций и их инструментария в образовательном процессе университетов рассматривается на протяжении последний десятилетий особенно ярко и масштабно, так как подготовка высококвалифицированных и профессиональных кадров для современной экономической инфраструктуры ставится во главу угла государственной политики.

При изучении вопроса развития и внедрения цифровых коммуникаций в региональных вузах особое внимание уделялось работам А.И. Шутенко, М.Н. Бычковой, С.С. Шляховой, Д.И. Хлебович, J. Blake, D. Christodoulou, C. James, N. Hassey, C. Hendrick, H. Sahlgren G., А.В. Ильиной, А.В. Коптелова, А.В. Машукова и др.

Однако многие авторы рассматривают использование цифровых коммуникаций только лишь с позиции демонстрации достижений и информации самого университета, абстрагируясь от образовательного процесса и тех возможностей, которые могут дать цифровые коммуникационные инструменты при совершенствовании образования и доведения его до качества международного.

При исследовании вопроса развития и внедрения цифровых коммуникаций в образовательный процесс двух региональных университетов – Ростовского государственного экономического (РГЭУ) и Донского государственного технического (ДГТУ) – необходимо тщательно выявлять потребности каждого их этих субъектов и в глубине потребностей формирования образовательных ресурсов вуза. Также очевидно, что для каждого университета с его профессиональными направлениями, для каждой дисциплины и тем более преподавателя и студента, охват цифровыми коммуникациями может быть различным, проникновение цифровых коммуникаций и инструментария – также неодинаковы.

Таким образом, цель исследования заключается в выявлении потребности развития цифровых коммуникаций в образовательном процессе Ростовского государственного экономического и Донского государственного технического университетов со стороны профессорско-преподавательского состава и студентов.

Материалы и методы исследования

Цифровые коммуникации должны быть не только приоритетом в современном высшем образовании, но также важным инструментом в процессе взаимодействия субъектов высшего образования на всех уровнях этого процесса. Поясняя, добавим, что необходимо развивать цепочку взаимодействия в следующем русле: вуз → школа → колледжи → потенциальные абитуриенты → родители потенциальных абитуриентов → вуз → преподаватели → образовательный процесс → выпускники вуза → работодатели.

На каждом этапе взаимодействия всех субъектов рынка в данной цепочке цифровые коммуникации выполняют свойственные только им функции. При этом нами указана последовательность, начиная не со школы в вуз, а, напротив, вуз должен быть заинтересован в привлечении абитуриентов и, в соответствии с данной стратегией, развивать собственную цифровую коммуникационную базу. Поэтому на первой стадии данной цепочки предполагается цифровизация вуза, далее всего образовательного процесса, вплоть до контакта с работодателями.

Фактически аналогичный формат цифрового взаимодействия был представлен в презентации А.В. Бронина «Цифровой вуз – университет будущего» «…учащиеся → родители → профессорско-преподавательский состав → сотрудники → администрация → абитуриенты → работодатели» [1].

До недавнего времени в центре структуры образования была цепочка: школа → колледж → вуз. В настоящее время наблюдается динамичное реформирование системы образования «…в России фокус смещается в сторону обучающегося. Яркий пример – «индивидуальная образовательная траектория», позволяющая готовить креативного профессионала [2, с. 2121].

Многим шире представляет это взаимодействие С.С. Шляхова: «…Целевыми аудиториями университета являются внутренние (учащиеся, студенты, слушатели; руководители, преподаватели, сотрудники), внутренне внешние (родители студентов, выпускники, попечители, учредители, спонсоры), внешние (органы управления образованием, абитуриенты, родители абитуриентов, работодатели, СМИ, конкуренты, деловые партнеры, органы муниципальной власти, профессиональные ассоциации, фонды и грантодатели) аудитории…» [3, с. 135].

Сегодня не является новым понятие цифровой вуз. Для центральных регионов – это вполне традиционное явление на пороге 2020 г., на фоне развития Сколково и других инновационных интеллектуальных центров России. Однако в региональных вузах происходит диаметрально противоположная ситуация. Вполне вероятно, что не все региональные вузы сегодня обладают цифровыми коммуникациями для создания креативного и инновационного образовательного пространства для профессорско-преподавательского состава и студентов, чтобы в достаточной мере соответствовать обучению в центральных вузах и международным стандартам. В этой связи важно уделять внимание и дополнительным образовательным программам для профессорско-преподавательского состава, которые также должны быть на уровне современных цифровых технологий. «…Это позволит выявить и систематизировать актуальные инновационные практики профессионального развития работников образования по приоритетным направлениям развития общего образования, а также довести данные практики до их практического внедрения» [4].

Четко вырисовывается проблема использования цифровых коммуникаций в образовательном процессе региональных вузов, которая предопределяется многими объективными и субъективными причинами, исходящими как из общего пространственного аспекта, так и из особенностей образовательного процесса отдельного взятого регионального университета.

Доминанта использования цифровых коммуникаций и их инструментария «… складывается между субъектами образовательного процесса – преподавателем и студентом…» [5, с. 577]. Однако такое утверждение не совсем корректно, так как это взаимодействие намного шире и охватывает всех контрагентов образовательного процесса, которые авторами представлены ранее.

Так, Д.И. Хлебович подчеркивает «…Университет находится в конкурентной среде. Интернационализация образования актуализирует поиск четких конкурентных преимуществ и выбор стратегии для их поддержки. В конкурентной среде внешние коммуникации, как и другая деятельность компании, должны быть клиентоориентированными, что усиливает важность решения о выборе канала, формата, содержания коммуникации» [6].

На основании поставленной проблемы авторами было проведено эмпирическое исследование мнения профессорско-преподавательского состава в двух региональных вузах с целью выявления фактического использования цифровых коммуникаций в образовательном процессе и личностного отношения к этой теме. Требовалось также выяснить, насколько преподаватели вузов восприимчивы к новым цифровым коммуникациям, компетентны и могут усовершенствовать образовательный процесс в соответствии с международными стандартами. Однако само отношение к международным стандартам тоже требует уточнения.

Методы исследования: анкетирование в полевых условиях (непосредственно в университетах), опрос в мобильной сети WhatsApp по базе контактов авторов, рассылка вопросов по e-mail.

Период исследования: июнь 2019 г. Целевая аудитория – профессорско-преподавательский состав Ростовского государственного экономического университета и Донского государственного технического университета. В совокупности был опрошен 61 преподаватель, в том числе 32 – РГЭУ, 29 преподавателей – ДГТУ.

Портрет респондентов: средний возраст – 39 лет, преподавательский стаж – более 10 лет (70%), количество преподаваемых дисциплин (по общим программам бакалавриата, магистратуры и пр.) – более трех (59%), работа в других вузах – 30% опрошенных.

В исследовании необходимо было ответить на вопросы, которые мы пронумеровали для обобщения результатов в таблице:

1. Готовы ли вы применять цифровые коммуникации и их инструментарий в образовательном процессе по вашим дисциплинам?

2. Применяете ли вы цифровые коммуникации и их инструментарий в образовательном процессе?

3. Как вы считаете, насколько ваши компетенции в применении цифровых коммуникаций и их инструментария соответствуют требованиям современного студента (шкальный вопрос)?

4. На ваш взгляд, каковы приоритеты цифровых коммуникаций в образовательном процессе с точки зрения их эффективности в аспекте овладения знаниями, умениями и навыками в профессиональной деятельности обучаемого (шкальный вопрос)?

5. Как вы оцениваете готовность студентов к использованию цифровых коммуникаций и их инструментария в образовательном процессе по вашим дисциплинам (шкальный вопрос).

На этом фоне мы видим одинаковую для обоих вузов тенденцию – преподаватели готовы внедрять цифровые коммуникации в образовательный процесс, но если это будет соответствовать разработанным Учебным стандартам и планам. По факту получается, что «пропаганда» цифровых коммуникаций существует отдельно от профессиональной направленности вузов. В настоящее время немногие образовательные компетенции соответствуют современным тенденциям в высшем образовании и могут быть сформулированы так, чтобы адекватно соответствовать тому процессу, который в действительности происходит в региональных вузах.

Результаты исследования и их обсуждение

Интересно мнение, что «…требования современного рынка труда, навыки, умения и стремления сегодняшней молодежи дают огромный потенциал для преподавателей в расширении рамок учебного процесса, познания новых программ, обеспечения образовательного процесса интерактивными инструментами в целях его совершенствования и приближения к наилучшей и эффективной выработке компетенций для использования их в профессиональной деятельности» [7, с. 132].

Обобщенные результаты опроса профессорско-преподавательского состава РГЭУ и ДГТУ (Ростов-на-Дону), июнь 2019

Порядковый номер вопроса	Ростовский государственный экономический университет (112 преподавателей)					Донской государственный технический университет (72 преподавателя)				
	да			нет		да			нет	
Вопрос 1	98			4		71			1	
Вопрос 2	110			2		60			12	
5-балльная шкала оценки	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Вопрос 3				78				30	32	
Вопрос 4				55	57				70	
Вопрос 5			47	60				33	30	

Чтобы адекватно оценить проведенное исследование, нами было проанализировано исследование, проведенное зарубежными учеными по данной тематике, представленное в Ежегодном исследовательском сборнике CfEE [8]. В данном исследовании анализировался большой массив данных вторичных исследований за последний учебный год по использованию технологий в образовании на примере разных стран. Важно здесь то, что проблемы развития и внедрения цифровых коммуникаций в образовательный процесс в разных странах, несмотря на различное экономическое, техническое и технологическое развитие, фактически идентичны, остаются открытыми и актуальными.

Ранее в наших работах, на основе исследований мы утверждали, что «…только благодаря формирующейся потребности современной молодежи и новой формации преподавателей, возможно усовершенствовать образовательный процесс, развивая использование цифровых коммуникаций. Всё это предопределено в аспекте появления новых руководителей, новых управленцев и владельцев бизнеса, которые являются потенциальными работодателями и ориентированы на активное использование информационно-коммуникационных технологий» [7, с. 134].

В личных беседах, на конференциях и заседаниях кафедр профессорско-преподавательский состав университетов делает упор на использование цифровых коммуникаций, но при этом они должны быть адекватными и адаптированными к учебным планам и здесь появляется взаимозависимость между инициативой преподавателей и реальной возможностью, оснащенностью и доступностью цифровых технологий для ведения образовательного процесса на уровне международных стандартов.

Таким образом, результаты показали вполне положительную картину использования и внедрения цифровых коммуникаций профессорско-преподавательским составом двух региональных университетов. Преподаватели активно используют инструментарий цифровых коммуникаций, начиная с лекционных занятий, лабораторных работ и заканчивая дистанционной работой со студентами вне аудиторных занятий. Обмен информацией, проверка выполненных кейсов, практик сегодня не является новой работой и это не называется «цифровым вузом» – это уже стандартный образовательный процесс, усовершенствовать который стремится каждый преподаватель и каждый университет. Но для достижения международного качества и уровня использования цифровых коммуникаций, региональным университетам необходимо прилагать больше усилий, привлекать инвесторов, меценатов, расширять цифровое пространство, разрабатывать инфраструктуру и повышать профессиональные компетенции.

Заключение

Обобщая, выделим, что развитие и внедрение цифровых коммуникаций в образовательный процесс региональных университетов зависит не только от профессиональной деятельности и квалификации профессорско-преподавательского состава, но и от стратегии самих вузов, развития инфраструктуры и цифровизации, что позволяет расширять грани проникновения цифровых коммуникационных инструментов в отдельно взятый университет и создавать современное научное пространство.

В данной статье вопрос только поставлен, проблема фактически не решена и требует более глубоких исследований и разрешения. Тем не менее авторами статьи разработаны рабочие программы дисциплин, основанные на полном и/или частичном использовании цифровых коммуникаций и их инструментария в образовательном процессе по дисциплинам маркетинга, рекламы, педагогики, социологии и др.

Список литературы

1. Бронин А.В. Цифровой вуз – вуз будущего. [Электронный ресурс] https://softline.ru/uploads/f/ba/d4/25/c1/79/36/6b/ad/98/tsifrovoy-vuz.pdf (дата обращения: 24.07.2019).

2. Бычкова М.Н. Электронные коммуникации современного университета // Фундаментальные исследования. 2014. № 9. С. 2120–2124.

3. Шляхова С.С. Эффективность каналов коммуникации с целевыми аудиториями технического университета // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2017. № 4. С. 133–147.

4. Ильина А.В., Коптелов А.В., Машуков А.В. Организация проектной деятельности педагогических работников по разработке инновационных методических продуктов // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 3. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=27557 (дата обращения: 05.08.2019).

5. Шутенко А.И. Концепция построения образовательных коммуникаций в системе вузовской подготовки // Современные исследования социальных проблем. 2015. № 11 (55). С. 573–586.

6. Хлебович Д.И. Трансформация каналов коммуникации университета на Евразийском пространстве: массовость или уникальность // Социально-экономическое развитие и образование. 2018. Т. 9. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://brj-bguep.ru/reader/article.aspx?id=22361pdf (дата обращения: 02.08.2019).

7. Безпалова А.Г., Легконогих А.Н. Использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе: компетентностный подход // Человеческий капитал. 2019. № 5 (125). С. 132–139.

8. Blake J., Christodoulou D., James C., Hassey N., Hendrick C., H. Sahlgren G. Annual research digest 2016–2017: evidence on uses of technology in education. [Electronic resource]. URL: https://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/annual-research-digest-2016-2017-evidence-on-uses-of-technology-in-education (date of access: 10.07.2019).

УДК 378:72

УРОВНИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПРОЕКТНОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩЕГО АРХИТЕКТОРА

Данченко Л.В., Туктамышов Н.К.

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, e-mail: info@kgasu.ru

В связи с расширением проектных возможностей архитектора, мобильностью самого архитектора, глобальностью его творчества возникает проблема формирования пространственно-проектного мышления, его уровней и структурирования. Графические пакеты информационных технологий визуализируют концепцию в виде чертежа, однако идея формообразования принадлежит архитектору и требует от будущего архитектора необходимых знаний по теории формообразования. Целью исследования является рассмотрение геометро-графической подготовки не только как изучение процесса визуализации предметов окружающей среды, но, прежде всего, как процесс мыслительной деятельности будущих архитекторов по созданию геометрически обоснованной формы и ее отображения. Объектом и предметом исследования является геометро-графическая подготовка студентов архитектурных направлений. Последовательность исследования: определение понятия пространственно-проектного мышления в контексте геометро-графической подготовки будущих архитекторов, ее практической направленности; выявление уровней пространственно-проектного мышления и его взаимосвязи с модифицированным проектно-аналоговым методом. Работа носит теоретический характер, методология исследования опирается на деятельностный и контекстный подходы в обучении, а также на практическую составляющую профессиональной деятельности архитектора, содержание которой нацелено на создание проекта архитектурного сооружения как отражения окружающей действительности в форме целостной объемно-пространственной структуры.

Ключевые слова: пространственное и проектное мышление, формообразование, архитектурное проектирование, начертательная геометрия, геометро-графическая подготовка, уровень

LEVELS OF SPATIAL-DESIGN THINKING OF THE FUTURE ARCHITECT

Danchenko L.V., Tuktamyshov N.K.

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

Due to the expansion of the design capabilities of the architect, mobility of the architect, globality of his work arises the problem of the formation of spatial design thinking, its levels and structuring. Graphic packages of information technologies visualize the concept in the form of drawings, but the idea of shaping belongs to the architect and requires from the future architect the necessary knowledge of the theory of shaping. The aim of the study is to consider the geometric-graphic training not only as a study of the process of visualization of environmental objects, but, above all, as a process of the mental activity of future architects to create a geometrically sound form and to display it. The object and subject of research is the geometric-graphic training of students of architectural areas. The sequence of research: the definition of the concept of spatial design thinking in the context of the geometric-graphic training of future architects, its practical orientation; identifying the levels of spatial design thinking and its relationship with the modified design-analog method. The work is theoretical, the research methodology is based on the activity and contextual approaches in training, as well as on the practical component of the architect's professional activity, the content of which is aimed at creating a project of an architectural structure as a reflection of the surrounding reality in the form of an integral spatial structure.

Keywords: spatial and design thinking, shaping, architectural design, descriptive geometry, geometry-graphic training, level

В связи с тенденциями современной архитектуры, развитием строительных технологий, расширением проектных возможностей и мобильности самого архитектора, глобальностью его творчества, а также с возрастающими требованиями к качеству профессиональной подготовки возникает проблема формирования пространственно-проектного мышления, его уровней и структурирования, наряду с художественным, его общих геометрических характеристик. Графические пакеты информационных технологий, как инструмент, воспроизводят, визуализируют концепцию в виде чертежа. Но тем не менее идея формообразования, моделирования конструкций принадлежит самому архитектору.

Геометрические характеристики пространственно-проектного мышления проявляются, прежде всего, через многообразие, сложность архитектурных форм, их геометрии и гармонизации. Проблема заключается в выявлении роли пространственно-проектного мышления в создании оригинальной архитектуры.

Цель исследования состоит в выявлении особенности пространственно-проектного мышления будущих архитекторов и определении уровней его формирования посредством геометро-графической подготовки студентов архитектурных направлений не только как изучение процесса визуализации предметов окружающей среды, но, прежде всего, как процесс мыслительной

деятельности по созданию геометрически обоснованной формы. В системе общей архитектурной подготовки, ее геометро-графической составляющей, начертательная геометрия непосредственно связана с изучением возможностей визуализации архитектурных объектов, их формообразования, моделирования и конструирования. Формирование пространственно-проектного мышления во взаимосвязи с модифицированным проектно-аналоговым методом максимально приближено к архитектурной практике и выполняет развивающую функцию.

Материалы и методы исследования

Методология профессиональной деятельности в обучении проявляется прежде всего в освоении основного метода – «метода архитектора», который заключается в стремлении к гармонизации архитектурных форм, пространства и его элементов, к их оригинальности и многообразию. Вопросы формирования проектного мышления и связанного с ним в контексте архитектуры пространственного мышления рассматривались ведущими специалистами в архитектуре и архитектурном образовании, такими как И.Г. Лежава, А.В. Иконников, Н.Ф. Метленков, А.Л. Кудрявцев, А.В. Степанов, Е. Асс и др. Методологию развития пространственного мышления, его структуру изучали и рассматривали в своих работах Е.А. Сысоева, Л.П. Русинова, И.А. Суленко, согласно которым пространственное мышление есть особый вид мыслительной деятельности, связанный с ориентированием в теоретическом и практическом пространстве. В США в исследованиях, проводимых Минтруда и опубликованных в New York Times, утверждалось, что одним из ключевых качеств архитектора является способность к образной визуализации – умение прокрутить объект в голове, разбить на части или изменить его. Данная способность непосредственно связана с методологией профессиональной деятельности.

С целью развития способности мысленного создания образа был разработан комплекс заданий по начертательной геометрии, связанных с формообразованием в архитектуре. Проектная компонента, в данном контексте является определяющей, и учебный процесс опирается на последовательность действий и операций в соответствии с технологией применения модифицированного проектно-аналогового метода обучения будущего архитектора начертательной геометрии [1, 2].

Геометрия архитектурной концепции проявляется через морфологию геометрической формы (ясность линий, их начертание, расположение точек, определение плоскости, положение в пространстве и т.п.) и дает представление формы архитектурного объекта. Пути графического изображения целостной концепции предполагают развитие практических навыков визуализации мысленно созданного образа и проработкой его отдельных деталей. Основой подобной визуализации служат понятия проецирования и проекции (ортогональные проекции, аксонометрия и перспектива). Именно через освоение приемов создания графического отображения мысленно созданного образа будущего объекта, осмысление его положения в пространстве, геометрии композиции, технологии формообразования происходит постижение «метода архитектора». Пространственное мышление подразумевает мысленное создание архитектурного образа, его пространственной структуры, операции по положению в пространстве и графическая визуализация на всех стадиях процесса его создания. Пространственно-проектное мышление представляет собой взаимодействие мысленного создания архитектурного образа, его пространственной структуры, с навыками проектирования по его моделированию и положению в пространстве, а также со способами графической визуализации на всех стадиях проектирования, включая и процесс эскизирования.

Особенность проектного мышления архитектора связана с развитым восприятием действительности, ее аспектов, способностью видеть результат проектирования, используя при этом процедуры отображения объекта в рамках профессиональной деятельности [3–5].

Геометрические знания и технология воспроизведения образа осваиваются студентами в ходе изучения геометро-графических дисциплин, начертательной геометрии в частности, которая является базовой и необходимой для постижения «метода архитектора» на занятиях по стержневой дисциплине «Архитектурное проектирование».

Традиционно считается, что данная дисциплина способствует формированию пространственного мышления и пониманию пространства в целом. В процессе общей архитектурной подготовки начертательная геометрия играет важную роль, так как рассматривает правила и законы изображения пространственных форм на плоскости, при этом плоское изображение есть геометрическая модель пространственного объекта, его перспективные и аксонометрические проекции, что имеет непосредственное отношение к формированию пространственно-проектного мышления у будущего архитектора [6].

Пространственно-проектное мышление имеет следующие компоненты:

1. Репродуктивные компоненты: представление абстрактного геометрического образа, анализ его расположения в пространстве и морфологических характеристик; трансформация образа, его перемещение; изменение положения в пространстве, проекционные преобразования.

2. Продуктивно-творческие компоненты: изменение структуры объекта с помощью добавления элементов, их сочетаний; объединение различных образов в целостную композицию; одновременное изменение формы, структуры, положения образа и представление целостной формы с различных сторон, вращая ее [3, 6].

Анализ геометрического образа, состоящего из абстрактных геометрических образов, является основой понимания конструкции архитектурного объекта и, соответственно, позволяет прочитать проекционное изображение – чертеж, то есть конструктивно-пространственного представления. Таким образом, метод начертательной геометрии – графический метод отображения и исследования пространственных форм с помощью чертежа, формирующий навыки в изображении пространственных архитектурных композиций на плоскости, то есть на проекционном чертеже. Основной метод, изучаемый в начертательной геометрии, есть метод ортогонального проецирования, а именно метод выполнения на плоскости планиметрических построений для решения пространственных задач. Плоские изображения получа-

ются с помощью операции проецирования. Комплекс изображений или чертеж подчиняется требованиям обратимости, то есть возможности однозначно определить все геометрические свойства объекта, взаимосвязь элементов и связь с окружающей средой, простоты и наглядности, возможности по плоскому изображению составить пространственное представление об объекте, максимально приближенное к зрительному восприятию, а также композиционных достоинств [4, 6].

Проекцией пространственного объекта можно назвать множество проекции всех его точек, полученных в результате операции проецирования. Поверхность как геометрический образ представляет собой непрерывное множество точек, положений линий, перемещающееся в пространстве. Поверхность на чертеже задают проекциями геометрической части ее определителя, согласно алгоритму ее формирования из заданных геометрических объектов, со сведениями о характере формы образующей и законе ее перемещения. При этом операция проецирования дает возможность решения прямой задачи – изобразить мысленно созданный образ, архитектурную форму. Мысленный образ формируется в сознании студента, отображает объект в конкретной окружающей среде. Геометрический образ – воспроизведение мысленного образа архитектурного объекта, его преобразование посредством операции проецирования в виде чертежа. В архитектурном творчестве мысленный образ какого-либо объекта принято определять как основную идею или концепцию, требующую отображения на плоскости. Таким образом, аналоговый, зрительный образ модели преобразуется в архитектурную концепцию через морфологию его формы (линии, плоскости и т.п.), конструктивных закономерностей формообразования. Морфологический подход позволяет рассмотреть геометрию будущего объекта и способы его изображения с наибольшей наглядностью, то есть перейти от морфологии образа к архитектурно-конструктивной модели.

Формирование пространственно-проектного мышления будущего архитектора посредством графики и начертательной геометрии подчиняется принципам уровневости и преемственности обучения. Содержательная составляющая представляет собой сквозные знания, необходимые в первую очередь для стержневой дисциплины «Архитектурное проектирование».

Уровни развития пространственно-проектного мышления взаимосвязаны и взаимозависимы в теоретическом и практическом плане. Особенность развития пространственно-проектного мышления будущих архитекторов заключается в наличии пропедевтического уровня, целью которого является подготовка к началу обучения в архитектурном вузе. Задача пропедевтической подготовки заключается в развитии умений наглядно-образного воспроизведения объекта, то есть умения отобразить объект на плоскости в ортогональных и аксонометрических проекциях. Кроме того, обучающиеся осваивают инструментарий, приемы работы с ним, технологию выполнения чертежа. Основной метод обучения – практические задания с элементами творческого подхода, связанными с моделированием предмета, проведение аналогий с объектами концептуальной архитектуры и дизайна [6]. Освоение данного уровня выявляется в процессе проведения конкурсных творческих испытаний и позволяет перейти к проектной подготовке в контексте архитектурной практики.

Уровни развития пространственно-проектного мышления:

Понятийный уровень. На данном уровне происходит формирование проектного мышления через освоение операционной единицы отображения пространства и его элементов. Рассматривается морфологическая составляющая отображения пространства, его мысленного образа, понятийный аппарат взаиморасположения элементов в пространственной структуре, возможности преобразования и геометрического моделирования через действия и операции. При этом под операциями подразумевается графическая технология изображения, инструментарий построения на плоскости, в том числе и с помощью компьютерных технологий. Совокупность операций позволяет выполнить действие по переходу от мысленного образа к его графическому изображению и дальнейшему преобразованию.

Операционный уровень. Конкретизация элементов пространства, их взаиморасположение, преобразование и моделирование на основе изменения положения в пространстве. Данный уровень является переходным и позволяет освоить манипулирование пространственной структурой на базе коллинеарного соответствия, гомологии. Студенты осваивают теоретические знания, которые необходимы для архитектурного формообразования, конструирования.

Формирующий уровень. Непосредственно связан с созданием объекта. Определяет действия по переходу от мысленного созданного образа к конкретному объекту через освоение геометрических закономерностей создания и изображения поверхностей. Содержательная составляющая представляет собой классификационные характеристики геометрических форм, определяющие направление формообразования. Определители той или иной поверхности диктуют способы отображения результата в виде проекционного чертежа. Созданный абстрактный геометрический образ с помощью манипулирования возможно преобразовать в конкретную архитектурно-образную форму [7, 8]. Именно в соответствии с содержанием данный уровень можно считать наиболее важным в процессе развития пространственно-проектного мышления.

Конструктивно-преобразующий уровень. Проявляется через синтез знаний объекта формообразования, корректирование действий по его созданию и изображению. Освоение данного уровня опирается на применение модифицированного проектно-аналогового метода для придания профессионально-практического контекста процессу обучения. Студент осваивает аналоговое проектирование, а именно геометрические образы воспроизводятся им как своеобразные модели целостного объекта, созданного в воображении, и затем отображаются на плоскости. Практическая значимость формирования конструктивно-преобразующего уровня пространственно-проектного мышления усиливается при использовании модифицированного проектно-аналогового метода обучения, который опирается на взаимосвязь архитектурного проектирования с геометрическим формообразованием, изучаемым в курсе начертательной геометрии, и строится в аналогии с работой в архитектурной мастерской [1, 3].

Проектный уровень. Является обобщающим и непосредственно связан со стержневой дисциплиной «Архитектурное проектирование» и операциями с архитектурными образами. Успешное развитие про-

странственно-проектного мышления в этой связи демонстрирует умение составить целостный образ в архитектурном, градостроительном, конструктивном и геометрическом контекстах на основе сочетания фантазии и пространственного воображения проектируемого объекта архитектуры в нескольких контекстах. Особенности пространственно-проектного мышления на данном уровне заключаются в умении видеть предполагаемый результат и процедуры для его достижения, восприятии действительности в рамках проектирования, проявление креативности через генерацию идей, создание концепций, методологию профессиональной деятельности. Геометро-графическая подготовка в данном контексте носит прикладной характер, проявляющийся в умении видеть связи внутри геометрического объекта и его внешней средой, расположением в пространстве, усмотрение технологии визуализации, логики построения и выполнения чертежа, согласно нормативным процедурам.

Результаты исследования и их обсуждение

Характеристика уровней пространственно-проектного мышления выявлялась через понимание и узнавание студентами простых геометрических образов, точки, линии, плоскости, манипулирование которыми позволяет создать и отобразить по геометрическим законам поверхности как аналога архитектурной концепции. Способность видеть и удерживать мысленно созданный целостный архитектурный образ, его структуру и расположение в пространстве является особенностью пространственно-проектного мышления студента – будущего архитектора и проектной деятельности. Результаты текущей аттестации 56 студентов архитектурных направлений показали, что 90% из них справляются с задачами образования криволинейных, гранных поверхностей и поверхностей вращения, а также со способами их изображения. Успешность выполнения заданий была связана с консультирующей ролью преподавателя, как руководителя проекта, что не противоречит применению модифицированного проектно-аналогового метода [1, 3, 9]. 10% из общего числа студентов потребовалось дополнительное объяснение задач, связанных с архитектурной практикой, что обусловлено пробелами на уровне пропедевтической подготовки.

Заключение

Особенности развития пространственно-проектного мышления будущего архитектора посредством начертательной геометрии и графики позволили выделить репродуктивные и продуктивно-творческие уровни.

Репродуктивные уровни: понятийный и операционный.

Репродуктивно-формирующий уровень, который является переходным и общим для геометро-графической подготовки будущих архитекторов, так как демонстрирует овладение ключевыми знаниями и умениями в области формообразования.

Продуктивные уровни: конструктивно-преобразующий и проектный.

Оценка проектного уровня производится по результатам выполнения работы по архитектурному проектированию, что позволяет оценить формирование пространственно-проектного мышления как необходимого профессионального качества на основе представления, создания и изображения целостного образа. Все уровни представляют собой единую структуру взаимосвязанных элементов, освоение которых есть необходимое условие формирования пространственно-проектного мышления для ведения архитектурной практики с применением модифицированного проектно-аналогового метода, обеспечивающего максимальное приближение к ней.

Список литературы

1. Данченко Л.В., Туктамышов Н.К. Особенности пространственно-проектного мышления в контексте общей архитектурной подготовки // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12–2. С. 421–431.

2. Елохина В.А., Краснобаев И.В. К вопросу о взаимосвязи архитектуры и строительных технологий (по материалам зарубежной печати) // Известия КазГАСУ. 2019. № 2 (48). С. 40–47.

3. Данченко Л.В., Туктамышов Н.К. Технологическая схема применения модифицированного проектно-аналогового метода обучения в архитектурно-строительном вузе // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27441 (дата обращения: 27.06.2019).

4. Федотова Н.В., Суленко И.А. О необходимости формирования пространственного мышления // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 8. С. 44–47.

5. Tim Broun. Change by Design. N.Y.: Harper Collins Publishers, 2009. 264 p.

6. Рябов Н.Ф., Бурова Т.Ю., Факторы влияния в формировании и работе детских архитектурных школ // Известия КазГАСУ. 2017. № 1 (39). С. 82–90.

7. Лагунова М.В., Жилина Н.Д. Концептуальные идеи геометро-графической подготовки в дизайн-образовании в рамках компетентностного подхода // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 224–228.

8. Короев Ю.П. Начертательная геометрия. 2-е изд. учеб. пособие для арх. специальностей вузов. М.: Архитектура-С, 2014. С. 424.

9. Кулеева Л.М., Одинцова Ю.П., Развитие устойчивого творчества в проектной деятельности в 20 веке // Известия КазГАСУ. 2018. № 2 (44). С. 22–29.

УДК 378.096

ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ К РЕАЛИЗАЦИИ ВАЛЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Касьянова Н.С., Суетина О.Н.

ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», Шадринск, e-mail: arianaelka@mail.ru, negaoz@yandex.ru

В публикуемом материале проведен анализ требований современной системы российского образования, содержащихся в Федеральном Законе «Об образовании в Российской Федерации», Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования. С учетом данных требований проанализирован учебный план подготовки бакалавров по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (Профиль «Физическая культура», профиль «Безопасность жизнедеятельности») федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Шадринский государственный педагогический университет». В статье также показаны возможности различных дисциплин учебного плана указанных профилей в подготовке бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности к реализации валеологического подхода в будущей профессиональной деятельности. Целью проведенного нами исследования являлось рассмотрение вопросов подготовки будущих бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности к реализации валеологического подхода в образовательном процессе. В статье раскрыта необходимость проведения целенаправленной работы по формированию готовности реализовывать валеологический подход в профессиональной педагогической деятельности. Сделан вывод о том, что выпускники получают комплекс знаний, умений и навыков, способствующих формированию необходимых общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, которые обеспечивают эффективную реализацию валеологического подхода в будущей педагогической деятельности.

Ключевые слова: здоровый образ жизни, валеология, валеологический подход, реализация валеологического подхода, физическая культура, безопасность жизнедеятельности

THE IMPLEMENTATION OF THE VALEOLOGICAL APPROACH WHILE TRAINING BACHELORS IN THE COURSE OF PHYSICAL EDUCATION AND LIFE SAFETY

Kasyanova N.S., Suetina O.N.

Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, e-mail: arianaelka@mail.ru, negaoz@yandex.ru

The article analyses the requirements of the modern Russian educationalsystem. There requirements are listed in the Federal Law «On Education in the Russian Federation» and in the Federal State Educational Standard of Higher Education. The author of the article analysedthese requirements and the curriculum of bachelors in the training program 44.03.05 Pedagogical education (Profile «Physical Education», profile «Life Safety») in the State Federal-Funded Educational Institution of Higher Professional Training «Shadrinsk State Pedagogical University». The article also shows the possibilities of various disciplines to implement avaleological approach while training bachelors in the educational course Physical Education and Life Safety in theabove-mentioned curriculum and profiles. The aim of our research was to examine the issues of preparing future bachelors to implement the valeological approach in the educational process. The article reveals the need for purposeful work to form their readiness to theimplementation of thevaleological approach in their professional pedagogical activity. The article states that graduates receive a set of knowledge and skills that contribute to the formation of the necessary cultural and professionalcompetencies that ensure the effective implementation of the valeological approach in future educational activities.

Keywords: healthy lifestyle, valeology, valeological approach, implementation of valeological approach, physical culture, life safety

Происходящие изменения в мировом образовательном пространстве не могли не привести к серьезным изменениям в системе российского образования, в том числе – в системе подготовки будущих бакалавров [1]. В настоящее время отмечается острая нехватка квалифицированных работников в различных областях, в том числе среди педагогических кадров.

Соответствующие процессы способствовали преобразованию самого процесса подготовки будущих педагогов-бакалавров.

Поскольку в ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет» обучение на факультете физической культуры осуществляется в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (Профиль «Физическая культура», профиль «Безопасность жизнедеятельности»), мы будем рассматривать специфику подготовки будущих педагогов к реализации валеологического подхода в образовательном процессе на основе анализа учебных планов, предусматривающих подготовку соответствующих бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности [2].

Прежде всего, следует отметить, что подготовка будущих педагогов к реализации валеологического подхода является необходимым компонентом подготовки будущих бакалавров педагогического образования любых профилей, поскольку знание особенностей формирования здорового образа жизни у воспитанников, способствует более эффективному осуществлению самого образовательного процесса.

Мы также отмечаем особую важность в подготовке к реализации валеологического подхода именно будущими педагогами физической культуры и безопасности жизнедеятельности, поскольку, занимаясь профессиональной деятельностью, педагог по физической культуре (будь то учитель физической культуры или тренер) обязан знать, как устроен организм его подопечных, как он функционирует, а также какие меры необходимо предпринимать для максимально эффективной реализации данного подхода.

То есть мы отмечаем исключительную важность подготовки будущих бакалавров по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (Профиль «Физическая культура», профиль «Безопасность жизнедеятельности») к реализации валеологического подхода в образовательном процессе.

Также следует отметить необходимость рассмотрения указанной проблемы в рамках нового, концептуального подхода к современному образовательному процессу. Речь идет о необходимости формирования у будущих бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности ряда компетенций, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования [3].

Цель исследования: рассмотреть вопросы подготовки будущих бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности к реализации валеологического подхода в образовательном процессе.

Материалы и методы исследования

В основу исследования положены нормативные документы, регламентирующие образовательный процесс в высшем педагогическом образовательном учреждении; формируемые компетенции учителя физической культуры и преподавателя-организатора ОБЖ. В работе использован Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки) [3], а также учебный план подготовки бакалавров по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (профиль «Физическая культура», профиль «Безопасность жизнедеятельности») [2], а также рабочие программы дисциплин и практик.

Результаты исследования и их обсуждение

Совершенно очевидно, что обучение будущих бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности должно способствовать формированию ряда компетенций, способствующих подготовке их к реализации валеологического подхода в образовательном процессе.

Валеологический подход в образовании представляет собой такую систему взглядов, которая способствовала бы не только сбережению здоровья обучающихся во время самого урока, но и увеличение запаса жизненных сил. Как отмечает И.Н. Чумакова, одним из целевых ориентиров деятельности педагога выступает воспитание потребности быть здоровым не только у ребенка, но и у взрослого поколения. Важно научить подрастающее поколение быть здоровым: сохранять и укреплять свое здоровье, способствовать повышению жизнестойкости организма [4].

Исследователи реализации валеологического подхода в образовании (Н.П. Абаскалова, Э.С. Вайнер, В.И. Ирхин, В.И. Петрушина, Н.В. Петрушин, А.Г. Щедрина и др.) пришли к выводу, что создание образовательной среды должно быть ориентировано на формирование культуры здоровья, здорового образа и стиля жизни. По мнению И.В. Меньшова, в профессиональном становлении студентов валеологический подход играет немаловажное значение, способствуя проявлению направленности через соблюдение здорового образа жизни сохранять и корректировать свое физическое и психическое здоровье [5].

Опираясь на справочник компетенций, рассмотрим, как влияют отдельные дисциплины на формирование определенных компетенций будущих бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности, способствующих подготовке будущих бакалавров к реализации валеологического подхода в образовательном процессе.

Одной из первых дисциплин, с которой встречаются студенты 1 курса, обучающиеся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (Профиль «Физическая культура», профиль «Безопасность жизнедеятельности»), является дисциплина «Анатомия и физиология». Изучая эту дисциплину, студенты получают необходимый комплекс знаний о строении и функционировании человеческого организма. Изучение данной дисциплины способствует формированию у будущих бакалавров способности осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом со-

циальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся [3].

Следующая дисциплина, с которой студенты встречаются также на первом курсе – это дисциплина «Возрастная анатомия». Изучение данной дисциплины начинается во втором семестре и опирается на знания анатомии и физиологии, полученные студентами в певом семестре. Очевидно, что студентам гораздо легче усвоить возрастные особенности строения организма человека, имея определенную базу знаний по анатомии и физиологии. Данная дисциплина способствует формированию той же компетенции, что и дисциплина «Анатомия и физиология».

Очевидна справедливость изучения данных дисциплин именно на первом курсе, поскольку реализация валеологического подхода, который подразумевает опору на формирование здорового образа жизни в образовательном процессе, обеспечивается, прежде всего, комплексом определенных знаний, в первую очередь об особенностях строения и функционирования организма человека.

На втором курсе изучение дисциплины «Основы медицинских знаний» обеспечивает формирование таких общекультурных компетенций, как: готовность поддерживать уровень физической подготовки, обеспечивающий полноценную деятельность, способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций [3]. Изучение данной дисциплины на втором курсе также вполне логично и оправданно, поскольку совершенно очевидно, что будущий бакалавр физической культуры и безопасности жизнедеятельности, изучив особенности строения и функционирования организма человека, должен усвоить базовые знания основ медицины, которые способствуют более эффективной реализации валеологического подхода при осуществлении профессиональной деятельности в будущем.

В процессе изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» продолжается формирование компетенции, определяющей способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций. Полученные знания при изучении дисциплины «Основы медицинских знаний» позволяют усвоить содержание и объем первой помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях различного характера, эвакуацию пострадавших из очагов поражения и правила их погрузки на транспорт, правила поведения при чрезвычайных ситуациях различного характера и основные способы защиты от них, способы ликвидации вредных последствий чрезвычайных ситуаций. Бакалавры учатся психологической устойчивости к стрессовым ситуациям в условиях воздействия факторов различных чрезвычайных ситуаций, распознавать и оценивать факторы чрезвычайных ситуаций, пользоваться средствами коллективной и индивидуальной защиты, определять способы защиты в чрезвычайных ситуациях различного характера. В процессе изучения данной дисциплины начинается формирование общепрофессиональных компетенций, а именно готовности к обеспечению охраны жизни и здоровья обучающихся [3]. Эта дисциплина ценна тем, что позволяет готовить будущих учителей физической культуры и преподавателей-организаторов ОБЖ к реализации валеологического подхода в будущей профессиональной деятельности. Основным результатом изучения дисциплины является знание основ охраны жизни и здоровья, воспитание сознательного и ответственного отношения к вопросам собственной безопасности, безопасности окружающих.

Также на втором курсе студенты знакомятся с такими дисциплинами, как «Физиология физического воспитания и спорта» и «Биомеханика». Обе указанные дисциплины относятся к блоку обязательных дисциплин, и, на основе изученных ранее анатомии и физиологии и возрастной анатомии, будущие педагоги физической культуры получают знания, раскрывающие особенности протекания различных физиологических процессов в организме, испытывающем определенные физические нагрузки. Изучение данных дисциплин способствует формированию способности осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся, что также обеспечивает в будущем более детальную и эффективную реализацию валеологического подхода в образовательном процессе.

В сфере безопасности жизнедеятельности студенты изучают дисциплину «Опасные ситуации природного и техногенного характера», в процессе изучения которой у студентов формируется готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов. Будущий преподаватель-организатор знает преподаваемый предмет ОБЖ в пределах требований федеральных государственных образовательных стандартов и основных

общеобразовательных программ, его историю и место в мировой культуре и науке, умеет планировать и осуществлять учебный процесс по предмету ОБЖ в соответствии с основной общеобразовательной программой. Достижение данных результатов обучения обеспечивается через участие студентов в таких формах работы, как мини-дебаты на различные темы, например: «Закон "О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера"» – важное условие обеспечения безопасности общества в современных условиях; «Индивидуальное и коллективное восприятие ЧС техногенного характера». Студенты принимают участие в разработке и решении ситуационных задач, характеризующих психологическое поведение человека в чрезвычайных ситуациях различного характера, разрабатывают алгоритмы безопасного поведения в разных ситуациях. Все это позволяет им не только заботиться о своем здоровье и безопасности, но и овладевать навыками работы по здоровьесбережению с будущими воспитанниками и эффективно реализовывать валеологический подход в будущей профессиональной деятельности.

Также формированию способности осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся, способствует изучение дисциплин «Гигиена физического воспитания и спорта» и «Гигиенические основы занятий физической культурой и спортом». Изучаются данные дисциплины на третьем курсе. Особое значение в подготовке бакалавров физической культуры и безопасности жизнедеятельности к реализации валеологического подхода в будущей профессиональной деятельности имеет изучение дисциплины «Организация оздоровительной работы в образовательных учреждениях», поскольку при рассмотрении материалов данной дисциплины будущие бакалавры получают комплекс знаний, умений и навыков организации физкультурно-оздоровительной работы с обучающимися обшеобразовательных учреждений.

Изучение дисциплин «Методика обучения физической культуре», «Теория и методика физической культуры и спорта», «Базовые и новые физкультурно-спортивные виды с методикой их преподавания», «Методика обучения безопасности жизнедеятельности» продолжает формировать готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов. На занятиях будущие бакалавры изучают методические вопросы преподавания дисциплин, на практике закрепляют полученные навыки проведения фрагментов урока, целостного урока в соответствии с ФГОС, мероприятий внеурочной и внеклассной деятельности.

Освоение материалов указанных дисциплин способствует получению знаний об условиях сохранения здоровья при занятиях спортом, а также об особенностях проведения занятий по физической культуре и ОБЖ, способствующих сохранению и укреплению здоровья занимающихся, что является незаменимым условием для эффективной реализации валеологического подхода при осуществлении профессиональной деятельности в будущем.

На четвертом курсе изучение дисциплины «Безопасность на дорогах и в общественном транспорте» способствует продолжению формирования у будущих преподавателей-организаторов ОБЖ готовности реализовывать образовательные программы по предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов. В процессе изучения данной дисциплины обучающиеся знакомятся с основами транспортной безопасности и вопросами организации безопасной организованной перевозки детей в пределах требований федеральных государственных образовательных стандартов и основных общеобразовательных программ; учатся планировать и осуществлять учебный процесс по ОБЖ в соответствии с основной общеобразовательной программой. Готовность реализовывать валеологический подход в будущей профессиональной деятельности формируется в процессе изучения данной дисциплины через разработку мероприятий по профилактике детского дорожно-транспортного травматизма, разработку алгоритмов и памяток безопасного поведения на различных видах транспорта, большое внимание уделяется работе по формированию безопасного поведения в общественном транспорте руководителя детской группы, сопровождающего.

На пятом курсе, изучая дисциплину «Лечебная физическая культура и массаж», студенты знакомятся с азами лечебной физической культуры, что, безусловно, окажет им существенную помощь в реализации валеологического подхода в будущей профессиональной деятельности. Содержание указанной дисциплины опирается на знания, полученные при изучении анатомии и физиологии, возрастной анатомии, основ медицинских знаний, физиологии физического воспитания и спорта, биомеханики, гигиены физического воспитания и спорта,

а также гигиенических основ занятий физической культурой и спортом и способствует формированию способности осуществлять обучение, воспитание и развитие с учетом социальных, возрастных, психофизических и индивидуальных особенностей, в том числе особых образовательных потребностей обучающихся.

Заключение

Таким образом, проанализировав данные Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (Профиль «Физическая культура», профиль «Безопасность жизнедеятельности»), а также учебные планы указанных профилей, можно констатировать, что студенты, обучающиеся по указанному направлению, получают необходимый комплекс знаний, умений и навыков, способствующих формированию необходимых общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, которые обеспечивают эффективную реализацию валеологического подхода в процессе будущей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 01.05.2019) // Гарант. [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/70291362/4c3e49295da6f4511a0f5d18289c6432/ (дата обращения: 27.06.2019).

2. Учебный план подготовки бакалавров по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки) (профиль «Физическая культура», профиль «Безопасность жизнедеятельности»). [Электронный ресурс]. URL: http://shgpi.edu.ru/education/informacija-po-realizuemym-obrazovatelnym-programmam/?L=3typ%D1%98o3temp%2F_processed_%2F4%2Fe%2Fcsm_17-00-00_shgpu-logo_main_04_49304782c7.png (дата обращения: 27.06.2019).

3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки) // Консультант-Плюс. [Электронный ресурс]. URL: http://phil.vlsu.ru/fileadmin/FF/Kafedry/Literatura/ Dokumenty/44.03.05_Pedagogicheskoe_obrazovanie__s_dvumja_profiljami_.pdf_2016_03_28__09_32_13_1.pdf (дата обращения: 27.06.2019).

4. Чумакова И.Н. Валеология это здоровье через образование // Педагогика: традиции и инновации: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, июнь 2014 г.). Челябинск: Два комсомольца, 2014. С. 16–18. [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/conf/ped/archive/104/5802/ (дата обращения: 27.06.2019).

5. Меньшов И.В. Гуманитаризация образовательной среды как важное условие социальной адаптации студентов // Гуманитарный вектор. Серия: педагогика, психология. 2015. № 1 (41). [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/gumanitarizatsiya-obrazovatelnoy-sredy-kak-vazhnoe-uslovie-sotsialnoy-adaptatsii-studentov (дата обращения: 27.06.2019).

УДК 372.881.1:378

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ БУДУЩЕГО ВРАЧА В РАМКАХ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК»

Липатова Е.Г.

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: ekaterina.lipatova@szgmu.ru

В свете масштабных социально-экономических изменений, происходящих в системе российского здравоохранения, особое внимание уделяется повышению качества подготовки специалистов. Пакет нормативных документов, принятых в 2016–2017 гг., выдвигает новые требования к результатам обучения в медицинских вузах: помимо знаний по специальности, современный врач должен обладать высоким уровнем коммуникативной культуры. Отсюда одной из ключевых задач экспертов в области медицинского образования становится обеспечение научно-методической базы для успешного формирования коммуникативной культуры будущих врачей, которая будет основываться на эффективных, современных по содержанию и методическому наполнению обучающих моделях, успешно зарекомендовавших себя в России и за рубежом, и ориентироваться на те конкретные ситуации общения, которые востребованы профессиональной деятельностью врача на современном этапе. В статье рассматривается актуализированная модель структуры коммуникативной культуры будущего врача, компоненты которой соответствуют требованиям современности, предлагается методический инструментарий для формирования коммуникативной культуры, разработанный в рамках дисциплины «Иностранный язык», а также приводятся результаты эксперимента по формированию коммуникативной культуры будущего врача, организованного на кафедре иностранных языков СЗГМУ им. И.И. Мечникова в 2017–2018 учебном году.

Ключевые слова: коммуникативная культура, модель коммуникативной культуры будущего врача, формирование коммуникативной культуры, дисциплина «Иностранный язык»

PROFESSIONAL COMMUNICATIVE CULTURE FORMING IN FUTURE DOCTORS WITHIN THE FRAMEWORK OF FOREIGN LANGUAGE DISCIPLINE

Lipatova E.G.

Federal State Educational Institute of Higher Education North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, e-mail: ekaterina.lipatova@szgmu.ru

In the light of the large-scale socio-economic changes taking place in the Russian healthcare system, special attention is paid to improving the quality of training of specialists. The package of regulatory documents adopted in 2016-2017 puts forward new requirements for the results of training in medical universities: in addition to knowledge in the specialty, a modern doctor must possess a high level of communicative culture. Hence, one of the key tasks of experts in the field of medical education is to provide a scientific and methodological basis for the successful communicative culture forming in future doctors, which will be based on effective, modern methodological training models that have successfully proven themselves in Russia and abroad, and navigate to those specific communication situations that are in demand by the professional activities of the doctor at the present stage. The article discusses the updated model of the structure of the communicative culture of the future doctor, the components of which correspond to the requirements of the present, offers a methodological toolkit for the communicative culture forming developed in the framework of the discipline «Foreign Language», and also provides the results of an experiment on the formation of the communicative culture of the future doctor, organized in the 2017-2018 academic year at the Foreign Languages Department of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov.

Keywords: communicative culture, model of communicative culture of the future doctor, communicative culture forming, Foreign Language discipline

Актуальные экономические и политические реалии современности, обусловленные всеобъемлющей глобализацией, технологизацией, цифровизацией, становлением сетевого общества и демографическими изменениями, обозначили ряд новых требований, необходимых специалистам XXI в. для достижения профессионального успеха. В условиях нестабильного состояния мира особенно востребованными становятся работники, обладающие высоким уровнем коммуникативной культуры (КК).

КК является междисциплинарным феноменом, изучением которого занимаются исследователи многих научных направлений. В педагогической науке ряд трудов ученых (В.А. Кан-Калик, В.В. Соколова, А.В. Мудрик, Г.С. Трофимова) посвящен определению содержательного наполнения данного понятия, его методической интерпретации и целей процесса его формирования, а также вопросу формирования КК отдельных групп специалистов, в том числе педагогического, юридического, экономического, инженерного и других профилей.

Учеными-педагогами было предложено несколько определений феномена КК. Основываясь на определениях В.В. Соко-

ловой [1] и А.В. Мудрика [2], выделим наиболее ключевые и методически действенные аспекты КК и предложим следующую формулировку этого понятия: КК является средством образования и результатом развития личности, основанным на совокупности коммуникативных знаний, умений и навыков и ценностных установок.

На современном этапе высокий уровень КК становится одним из требований к результатам профессиональной подготовки будущих врачей, что находит отражение в ряде актуальных нормативных документов, таких как ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [3], приоритетный проект «Обеспечение здравоохранения квалифицированными специалистами» [4], ФГОС ВО и профессиональные стандарты по медицинским специальностям [5–6] и чек-листе станции «Сбор жалоб и анамнеза на первичном приёме» в рамках этапа «Оценка практических навыков (умений) в симулированных условиях» Объективного структурированного клинического экзамена (ОСКЭ) [7].

Результаты проведенного нами анализа научно-методических работ свидетельствуют о небольшом количестве трудов ученых, посвященных вопросу КК будущего врача, рассмотрению ее характеристик (компонентов) и способам и условиям ее формирования. Так, например, в диссертационном исследовании С.Л. Герасименко [8], проведенном в 2000-х гг., исследователь предлагает определение понятия КК специалиста-медика, рассматривает структурный состав КК, выделяя в нем три компонента (эмоциональный, когнитивный и поведенческий), представляет модель формирования КК и технологию ее развития в процессе изучения иностранного языка в вузе. В рассматриваемом исследовании автор ориентируется на требования к формированию КК будущего медицинского работника, действующие в 2000-х гг., что становится менее актуальным в свете условий, выдвигаемых к КК будущего врача в конце второго десятилетия XXI в.

Формирование КК будущего врача является достаточно длительным процессом, реализация которого должна осуществляться в течение всего периода обучения в специалитете медицинского вуза, пронизывая все дисциплины учебного плана либо на уровне модульной интеграции, либо на уровне переориентирования целей самой образовательной дисциплины. На первых курсах обучения процесс формирования КК может быть организован посредством дисциплин гуманитарного блока («История», «История медицины», «Иностранный язык (ИЯ)», «Латинский язык», «Психология и педагогика», «Экономика», «Биоэтика»), так как именно эти дисциплины направлены на формирование личности, её мировоззрения, работы в коллективе, развитие культуры и самообразования, способности к коммуникации.

С точки зрения содержания и методического обеспечения наибольшим коммуникативным потенциалом среди всех вышеперечисленных гуманитарных дисциплин обладает дисциплина ИЯ в силу своей ориентированности на межкультурную коммуникацию, этику общения и межличностное взаимодействие. Также отметим, что реализуемый данной дисциплиной коммуникативный подход уже дает ей право быть одной из основных в процессе формирования КК. Более того, анализ действующих учебных планов российских медицинских вузов показал, что объем академических часов (180 академических часов), выделяемых на ИЯ, существенно превышает количество часов, отводимых на практические занятия по всем другим дисциплинам гуманитарного цикла. Поэтому на первом курсе именно дисциплина ИЯ должна стать основой формирования КК в аспекте создания условий и механизма для ее развития.

Цель исследования: учитывая новые факторы развития здравоохранения и требования современного медицинского образования, становится необходимым актуализировать компонентный состав КК будущего врача на современном этапе и на его основе предложить методический инструментарий формирования КК в рамках дисциплины ИЯ.

Материалы и методы исследования

В свете происходящих изменений в развитии российского здравоохранения, преобразований в системе медицинского образования и требований работодателей необходимо пересмотреть компонентный состав КК будущего врача, структурные компоненты которого, по нашему мнению, должны быть соотнесены с требованиями действующих нормативных документов, ориентированы на специфику профессиональной коммуникации специалистов медицинского профиля и должны отражать те коммуникативные знания, умения и навыки, которые необходимо освоить будущему врачу в рамках обучения в специалитете.

Согласно ФГОС ВО по медицинским специальностям в рамках освоения программы студенты-медики готовятся к решению задач профессиональной деятельности медицинского, научно-исследовательского и организационно-управленческого типов [5], поэтому мы выделяем следующие ключевые для будущего врача ситуации общения: коммуникация с пациентом, коллаборация в коллективе и научно-деловая деятельность в сфере здравоохранения.

Так, например, в рамках ситуации «Коммуникация с пациентом» врач должен искусно пользоваться

такими умениями и навыками, как навык приветствия пациента и установки его личности; навык проявления заботы о его комфорте во время приема; навык самопрезентации; навык получения согласия на расспрос; навык использования открытых вопросов; навык обобщения; навык проведения скрининга; навык учета мнения пациента; навык предоставления пациенту возможности завершить речевое высказывание, не перебивая его; навык обращения к пациенту по имени; навык комментирования и оценивания поведения пациента; навык выдерживания паузы; навык соблюдения определенной позы; навык подведения результатов коммуникации; навык установки зрительного контакта, умение слушать и слышать пациента. Выделение вышеперечисленных умений и навыков основывается на многолетнем зарубежном опыте обучения клиническому общению [9–10], а также соответствует требованиям чек-листа экзаменационной станции «Сбор жалоб и анамнеза на первичном амбулаторном приеме врача», прохождение которой стало обязательным условием получения допуска к врачебной деятельности в рамках первичной аккредитации специалистов [7].

На современном этапе для успешной коллаборации внутри коллектива медицинскому работнику потребуются такие коммуникативные умения и навыки, как навык соблюдения административной субординации, навык командного взаимодействия с подчиненными, навык корректного, делового общения с младшим и средним медицинским персоналом.

В целях постоянного профессионального развития современному врачу необходимо непрерывно повышать свой профессиональный уровень и принимать участие в научно-деловой деятельности. Как отмечают Н.И. Алмазова и Н.В. Попова, «научно-деловая деятельность является интегративным или синтетическим видом деятельности» [11], поэтому для продуктивного взаимодействия в этой ситуации общения специалисту-медику потребуются такие коммуникативные знания, умения и навыки, как выражение и аргументация собственного мнения в научном и деловом стилях; описание визуальной информации (графики, таблицы, результаты медицинских анализов); подготовка презентации/постерного доклада; участие в дискуссии в деловом и научном стиле; использование тактик письменного и устного переводов в форме краткого изложения сути высказывания; описание тенденций процесса; описание преимуществ и недостатков объекта (процесса); презентация проводимого исследования: описание материалов и методов, эксперимента, его предполагаемых результатов и их оценки; составление заявки на участие в конференции, успешное взаимодействие с организаторами конференции; участие в саттелитных симпозиумах/ видеоконференциях/вебинарах/телемостах.

Необходимость выделения таких составляющих, как «этическое поведение в формате цифрового общения» и «знания успешного использования возможностей цифрового формата общения» и «знание минимизации рисков цифрового формата общения», обусловлена введением телеконсультаций в качестве одной из форм организации первичного приема пациентов на основании принятых поправок к ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [3]. Уже сегодня электронная переписка с пациентами, проведение удаленных консультаций с целью обеспечения профилактических мер и решения лечебно-диагностических и организационных вопросов активно применяются во врачебной практике, поэтому на современном этапе завтрашние выпускники медицинских вузов должны знать особенности цифровой врачебной этики и деонтологии, включающих знания о стандартах конфиденциальности, использовании социальных медиа в образовательных целях или для обмена информацией с коллегами, регулярном отслеживании своего собственного присутствия в интернете для гарантии точной и уместной персональной и профессиональной информации, соблюдении границ взаимоотношений с пациентом, разделении личного и профессионального онлайн-контента. Более того, врач должен осознанно подходить к выбору наиболее эффективного канала взаимодействия с пациентом в каждом конкретно взятом случае, будь то смс-информирование, телеконсультация, разговор по телефону, переписка по электронной почте или очный прием [12].

Все вышеперечисленные коммуникативные умения и навыки могут стать основой деятельностного компонента предлагаемой нами модели КК будущего врача. Между тем, на наш взгляд, одних только умений и навыков недостаточно для достижения успеха в медицинской коммуникации. Современному врачу также необходимо освоить ряд определенных знаний и сформировать определенную систему ценностей для корректного взаимодействия с собеседником таких, как знание коммуникативных моделей принятия компромиссных решений; знание способов урегулирования конфликтных ситуаций; знание способов убеждения пациента; знание следования логической структуре консультации; языковые знания и умения; корректное и уместное использование языка жестов; адекватное понимание невербальных средств общения; оценка психологического состояния пациента по вербальным и невербальным признакам; знания успешного использования возможностей цифрового формата общения; знание правил взаимодействия в коллективе; знание способов контроля ситуации; знание способов рефлексии. Более того, врачу необходимо овладеть такими ценностями, как эмпатия, управление эмоциями, этическое поведение в формате цифрового общения.

Все вышеприведенные знания, умения, навыки и ценностные установки являются базовыми для выделяемых нами ключевых ситуаций общения в сфере медицины (коммуникация с пациентами, коллаборация в коллективе и научно-деловая деятельность в сфере здравоохранения).

Предлагаемая нами модель КК будущего врача базируется на синтезе методических практик обучения клиническому общению, успешно зарекомендовавших себя в России и за рубежом [9–10], и соответствует актуальным российским реалиям. Модель может быть использована для формирования КК в рамках любой учебной дисциплины, в том числе и ИЯ (табл. 1). Кроме того, предлагаемый нами компонентный состав КК обладает адаптационным характером, так как легко может быть адаптирован под требования к формированию КК студентов различных специальностей, а также позволяет обеспечить междисциплинарную связь с другими дисциплинами, преподаваемыми на специалитете. Выделение в компонентах модели знаний и ценностей, связанных с цифровым форматом общения, отвечает требованиям современности и существенно отличает данную модель от всех предлагаемых ранее.

Таблица 1

Модель коммуникативной культуры будущего врача

СТРУКТУРА КОММУНИКАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ БУДУЩЕГО ВРАЧА			
ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ КОМПОНЕНТ	КОММУНИКАЦИЯ С ПАЦИЕНТОМ	КОЛЛАБОРАЦИЯ В КОЛЛЕКТИВЕ	НАУЧНО-ДЕЛОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
	1) навык приветствия пациента и установки его личности; 2) навык проявления заботы о комфорте пациента; 3) навык самопрезентации; 4) навык получения согласия на расспрос; 5) навык использования открытых вопросов; 6) навык обобщения; 7) навык проведения скрининга; 8) навык учета мнения пациента; 9) навык предоставления пациенту возможности завершить речевое высказывание, не перебивая его; 10) навык обращения к пациенту по имени; 11) навык комментирования и оценивания поведения пациента; 12) навык выдерживания паузы; 13) навык соблюдения определенной позы; 14) навык подведения результатов коммуникации; 15) навык установки зрительного контакта; 16) умение слушать и слышать пациента	1) навык соблюдения административной субординации; 2) навык командного взаимодействия с подчиненными; 3) навык корректного, делового общения с младшим и средним медицинским персоналом	1) выражение и аргументация собственного мнения в научном и деловом стилях; 2) описание визуальной информации (графики, таблицы, результаты медицинских анализов); 3) подготовка презентации/постерного доклада; 4) участие в дискуссии в деловом и научном стиле; 5) описание тенденций процесса; 6) описание преимуществ и недостатков объекта (процесса); 7) презентация проводимого исследования: описание материалов и методов, эксперимента, его предполагаемых результатов и их оценки; 8) составление заявки на участие в конференции, успешное взаимодействие с организаторами конференции. 9) участие в саттелитных симпозиумах/ видеоконференциях/ вебинарах/телемостах
КОГНИТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ	1) знание коммуникативных моделей принятия компромиссных решений; 2) знание способов урегулирования конфликтных ситуаций; 3) знание способов убеждения пациента; 4) знание следования логической структуре консультации;	5) языковые знания и умения; 6) корректное и уместное использование языка жестов; 7) адекватное понимание невербальных средств общения; 8) оценка психологического состояния пациента по вербальным и невербальным признакам;	9) знание правил взаимодействия в коллективе; 10) знание способов контроля ситуации; 11) знание способов рефлексии. 12) знания успешного использования возможностей цифрового формата общения; 13) знание минимизации рисков цифрового формата общения
ЦЕННОСТНЫЙ КОМПОНЕНТ	1) эмпатия; 2) управление эмоциями; 3) этическое поведение в формате цифрового общения		

В процессе формирования КК в рамках дисциплины ИЯ становится необходимым перефокусировать цели дисциплины ИЯ, направляя ее на формирование механизма повышения собственной КК. ИЯ является в этом контексте лишь средством обучения, а содержание и миссия процесса обучения заключается в создании установки на саморазвитие и самосовершенствование с целью непрерывного повышения КК. Принимая во внимание, что основной задачей медицинских вузов РФ является обеспечение высококвалифицированными специалистами внутреннего рынка труда, дисциплина ИЯ становится инструментом для формирования компонентов иноязычной культуры будущих врачей, а также таких важных для их профессиональной деятельности личностных качеств, как эмпатия, толерантность, способность к рефлексии, критическое мышление и другие.

Отметим, что проведенный нами анализ тематического плана дисциплины ИЯ нескольких российских медицинских вузов свидетельствует о том, что до сих пор они базируются на изучении особенностей российской и зарубежных систем медицинского образования, анатомии и физиологии человека, что ни в коей степени не способствует формированию КК. Так, например, тематический план рабочей программы дисциплины ИЯ по специальностям «Клиническая медицина» и «Лечебное дело», разработанный Сеченовским университетом (г. Москва), включает два раздела: «Обучение чтению и переводу специализированной литературы по теме “Основы медицины (анатомия и физиология)”» и «Обучение основам устного профессионального общения по теме “Медицинское образование”» [13]. Рабочая программа по дисциплине ИЯ, составленная преподавателями Дальневосточного государственного медицинского университета, также ориентирована на освоение материала по таким темам, как «Система медицинского образования в России и за рубежом», «Анатомия», «Физиология», «Микробиология», «Патология» [14]. Таким образом, приведенные примеры показывают: в данных вузах коммуникативный подход к обучению иностранному языку будущего врача не реализуется, так же как и не учитываются запросы современного рынка труда в сфере здравоохранения, требования актуальных ФГОС и первичной аккредитации специалистов.

Отсюда возникает потребность в пересмотре и переориентации тематического плана дисциплины ИЯ с учетом новых условий, а именно модернизации содержания, наполнения тематического плана, целей, задач и методов обучения дисциплины ИЯ в медицинском вузе, переориентировав ее максимально на профессиональные ситуации общения и на использование эффективных методов, форматов и ресурсов обучения (учебно-методические пособия, онлайн-ресурс, включающий банк видеолекций и видеосюжетов, тренировочные упражнения к ним и виртуальные сценарии).

Результаты исследования и их обсуждение

В 2014 г. на кафедре иностранных языков СЗГМУ им. И.И. Мечникова был успешно внедрен модернизированный тематический план дисциплины ИЯ, основным фокусом которого стало обучение знаниям, умениям и навыкам, необходимым для формирования КК будущих врачей. В 2017 г. план был дополнен интерактивным модулем [15], направленным на повышение уровня КК студентов-медиков в рамках типичных для медицинской деятельности ситуациях общения (коммуникация с пациентом, коллаборация в коллективе, научно-деловая деятельность в сфере здравоохранения). В процессе разработки модуля авторы основывались на представленную выше модель КК и ориентировали каждый из десяти уроков на формирование определенных коммуникативных знаний, умений, навыков и ценностей, отраженных в компонентах модели (табл. 2).

Все уроки данного модуля построены по унифицированной модели, которая позволяет автоматизировать учебную деятельность студентов и впоследствии их речевые действия, и состоят из четырех блоков заданий: Lead-in (два-три упражнения для введения в тему занятия), Watch the lecture (трехчетырехминутная видеолекция, представляющая теоретические основы темы и серию заданий к ней), Communication skills (перечень функциональных фраз, упражнения на их активизацию в речи, а также просмотр двух видеодиалогов – образцов с последующим обсуждением), Scenario (сценарий, направленный на закрепление приобретенных коммуникативных знаний, умений и навыков).

Четкие структурированные блоки каждого урока на уровне речевого материала и видов деятельности позволяют выводить часть заданий на самостоятельную работу студентов, тем самым формируя такие личностные качества, как самостоятельность, ответственность, пунктуальность, дисциплинированность и многие другие.

По замыслу разработчиков модуля большая часть предлагаемых в нем заданий сопровождается вопросами дискуссионного характера, направленных на обсуждение цитат известных врачей, собственного опыта в качестве пациента, особенностей коммуникации между врачом и пациентом и коллаборации в медицинском коллективе, а также различий между порядком проведения той или иной части медицинской консультации в России и за рубежом. Подобного рода задания способствуют не только обогащению знаний студентов о клиническом общении в целом, но и ведут к развитию таких коммуникативных умений и навыков, как выражение и аргументация собственного мнения, навык обобщения, описания преимуществ и недостатков объекта, необходимых будущему врачу личностных качеств: эмпатии, критического мышления, толерантности, способности к рефлексии и многих других.

Таблица 2

Структура интерактивного модуля, направленного на формирование КК будущего врача

НАЗВАНИЕ УРОКА	ФОРМИРУЕМЫЕ КОММУНИКАТИВНЫЕ		
	умения/навыки	знания	ценности
1. Коммуникация в здравоохранении	1) выражение и аргументация собственного мнения в деловом стиле; 2) участие в дискуссии в деловом стиле; 3) описание тенденций процесса; 4) описание преимуществ и недостатков объекта (процесса)	1. языковые знания и умения; 2. корректное и уместное использование языка жестов; 3. адекватное понимание невербальных средств общения; 4. знания успешного использования возможностей цифрового формата общения	1. этическое поведение в формате цифрового общения
2. Первичный прием. Начало консультации	1) навык приветствия пациента и установки его личности; 2) навык проявления заботы о комфорте пациента; 3) навык самопрезентации; 4) навык использования открытых вопросов. 5) навык установки зрительного контакта; 6) умение слушать и слышать пациента	1) языковые знания и умения; 2) корректное и уместное использование языка жестов; 3) адекватное понимание невербальных средств общения	1. эмпатия
3. Первичный прием. Сбор информации	1) навык использования открытых вопросов; 2) навык предоставления пациенту возможности завершить речевое высказывание, не перебивая его; 3) навык получения согласия на расспрос; 4) навык обобщения; 5) навык проведения скрининга; 6) навык учета мнения пациента	1) языковые знания и умения; 2) корректное и уместное использование языка жестов; 3) адекватное понимание невербальных средств общения; 4) оценка психологического состояния пациента по вербальным и невербальным признакам	1. эмпатия
4. Первичный прием. Структура консультации и выстраивание отношений	1) навык обращения к пациенту по имени; 2) навык комментирования и оценивания поведения пациента	1) знание следования логической структуре консультации; 2) знание способов контроля ситуации	1. эмпатия
5. Первичный прием. Объяснение и планирование	1) навык использования открытых вопросов; 2) навык предоставления пациенту возможности завершить речевое высказывание, не перебивая его; 3) навык получения согласия на расспрос; 4) навык обобщения; 5) навык проведения скрининга; 6) навык учета мнения пациента	1) знание коммуникативных моделей принятия компромиссных решений; 2) знание способов урегулирования конфликтных ситуаций; 3) знание способов убеждения пациента; 4) знание следования логической структуре консультации	1. эмпатия

Окончание табл. 2

НАЗВАНИЕ УРОКА	ФОРМИРУЕМЫЕ КОММУНИКАТИВНЫЕ		
	умения/навыки	знания	ценности
8. Телеконсультации	1) навык приветствия пациента и установки его личности; 2) навык использования открытых вопросов; 3) навык обобщения; 4) навык учета мнения пациента; 5) навык предоставления пациенту возможности завершить речевое высказывание, не перебивая его; 6) навык подведения результатов коммуникации	1) знание успешного использования возможностей цифрового формата общения; 2) знание минимизации рисков цифрового формата общения	1. эмпатия; 2. этическое поведение в формате цифрового общения
9. Коммуникация в коллективе	1) навык соблюдения административной субординации; 2) навык командного взаимодействия с подчиненными; 3) навык корректного, делового общения с младшим и средним медицинским персоналом	1) знание коммуникативных моделей принятия компромиссных решений; 2) знание способов урегулирования конфликтных ситуаций	1) эмпатия; 2) управление эмоциями; 3) этическое поведение в формате цифрового общения
10. Коммуникация в научном сообществе	1) выражение и аргументация собственного мнения в научном и деловом стилях; 2) описание визуальной информации (графики, таблицы, результаты медицинских анализов); 3) подготовка презентации/постерного доклада; 4) участие в дискуссии в деловом и научном стиле; 6) описание тенденций процесса; 7) описание преимуществ и недостатков объекта (процесса); 8) презентация проводимого исследования: описание материалов и методов, эксперимента, его предполагаемых результатов и их оценки; 9) составление заявки на участие в конференции, успешное взаимодействие с организаторами конференции; 10) участие в саттелитных симпозиумах/ видеоконференциях/вебинарах/ телемостах	1) знание успешного использования возможностей цифрового формата общения; 2) знание минимизации рисков цифрового формата общения	1) управление эмоциями; 2) этическое поведение в формате цифрового общения

Предлагаемые разработчиками модуля задания на просмотр видеосюжетов с диалогами-образцами и последующее их обсуждение способствуют формированию таких важных в клиническом общении навыков, как наблюдательность, внимательность, развитие умения слушать и слышать и другие.

Работа со сценариями является итоговым заданием каждого урока и направлена на автоматизацию коммуникативных знаний, умений и навыков, востребованных в той или иной ситуации клинического общения. Имитируя реальные ситуации профессионального общения в симулированных условиях, такой вид заданий выполняет пропедевтическую функцию, подготавливая будущих врачей к самостоятельному проведению медицинских консультаций, продуктивному взаимодействию с коллегами и публичным выступлениям в сфере здравоохранения, а также к успешному прохождению станции «Сбор жалоб и анамнеза на первичном приёме» в рамках первичной аккредитации специалистов.

Заключение

Модернизация тематического плана по дисциплине «Иностранный язык» и внедрение интерактивного модуля с активными, имитирующими реальные ситуации общения заданиями в образовательный процесс СЗГМУ им. И.И. Мечникова имело положительное влияние на формирование КК студентов 1 курса, проходивших обучение в рамках дисциплины в 2017–2018 учебном году, о чем свидетельствуют результаты анкетирования, проведенного по завершению летней практики. Так, по сравнению со студентами, обучавшимися по традиционному тематическому плану, студенты контрольной группы отметили значительную уверенность при общении с пациентами и персоналом, проявление большего интереса к анализу следования структуре консультации со стороны врача, повышение заинтересованности в участии в различных образовательных и научно-практических мероприятиях.

Положительные результаты эксперимента доказывают успешность введения профессионально-ориентированной коммуникативной подготовки на первом курсе в рамках дисциплины ИЯ, которая закладывает основы речевого развития и принципы формирования КК не только на иностранном языке, но и на родном. Последующая подготовка будущих врачей также должна строиться на сквозной основе, пронизывая уже специальные дисциплины либо на уровне модульной интеграции, либо на уровне переориентирования их целей, но с учетом методики, реализуемой в рамках дисциплины ИЯ, что будет способствовать формированию высокого уровня КК и успешной подготовке к прохождению первичной аккредитации специалистов.

Список литературы

1. Соколова В.В. Культура речи и культура общения. М.: Просвещение, 1995. 192 с.

2. Мудрик А.В. Социализация и смутное время. М.: Знание, 1991. 80 с.

3. Федеральный закон от 1 января 2018 года № 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 12.07.2019).

4. Паспорт приоритетного проекта «Обеспечение здравоохранения квалифицированными специалистами» [Электронный ресурс]. URL: http://static.government.ru/media/files/1eRqKLkIgA3N0dsBllhypSYTbtAXqAEq.pdf (дата обращения: 10.07.2019).

5. ФГОС ВО по направлению подготовки 31.05.01 Лечебное дело [Электронный ресурс]. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvospec/310501.pdf (дата обращения: 02.07.2019).

6. Профессиональный стандарт «Врач-лечебник (врач-терапевт участковый)» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/ (дата обращения: 02.07.2019).

7. Паспорт экзаменационной станции (типовой) «Сбор жалоб и анамнеза на первичном приеме врача паспорт станций» [Электронный ресурс]. URL: https://fmza.ru/upload/medialibrary/2b1/pasport_kn_opros_kn_10.05.pdf (дата обращения: 10.07.2019).

8. Герасименко С.Л. Формирование коммуникативной культуры будущего медицинского работника в процессе изучения иностранного языка: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Курск, 2007. 282 с.

9. Kurtz S. M., Silverman J. D., Draper J. Teaching and Learning Communication Skills in Medicine. Radcliff Medical Press Ltd., Oxford, UK. 1998. P. 388.

10. Krupat E., Frankel R., Stein T., Irish J. The Four Habits Coding Scheme: validation of an instrument to assess clinicians' communication behavior. Patient Educ Couns. 2006. P. 38–45.

11. Алмазова Н.И., Попова Н.В. Теоретические и прикладные аспекты вузовского инновационного процесса (на примере дисциплины Иностранный язык) // Инновации в образовании. 2014. № 3. С. 5–17.

12. Ольховик Н.Г., Липатова Е.Г. Развитие навыков цифрового профессионализма как условие подготовки конкурентоспособного специалиста // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты: сборник статей Международной научно-практической конференции (Брянск, 30 ноября 2018 г.). Брянск: Изд-во ФГБОУ ВО БГИТУ, 2018. С. 362–365.

13. Марковина И.Ю., Громова Г.Е. Рабочая программа учебной дисциплины «Иностранный язык (английский)». Направления подготовки (специальности): 31.00.00 «Клиническая медицина» и 31.05.01 Лечебное дело [Электронный ресурс]. URL: https://www.sechenov.ru/ (дата обращения: 10.07.2019).

14. Соломенко С.Н. Рабочая программа учебной дисциплины «Иностранный язык». Направление подготовки (специальность) 31.05.01 Лечебное дело [Электронный ресурс]. URL: http://www.fesmu.ru/sveden/education/RP_In_yaz_lech_28.08.14.pdf (дата обращения: 10.07.2019).

15. Липатова Е.Г. Интерактивный модуль формирования коммуникативной культуры будущего врача [Электронный ресурс]. URL: https://moodle.szgmu.ru/course/view.php?id=144 (дата обращения: 10.07.2019).

УДК 37.013.2:372.3

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОШКОЛЬНИКОВ НА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

Лукьянова О.Л.

Филиал ГБОУ ВО «Ставропольский государственный педагогический институт», Ессентуки, e-mail: ollvlu@mail.ru

Актуальность нашей темы обоснована стремлением детей дошкольного возраста постигать окружающий мир; математические категории также являются сферой интересов дошкольников, основой для их дальнейшего развития. С помощью математических понятий дошкольники быстрее и основательнее познают окружающий мир, понимают закономерности его развития и изменения. К сожалению, в дошкольных образовательных учреждениях математическому развитию детей уделяется недостаточно внимания, занятия зачастую носят несистематический характер, методы и приемы, применяемые воспитателями, не всегда эффективны. В связи с этим нас заинтересовала проблема поиска эффективных приемов организации детской деятельности при ознакомлении с математическими зависимостями. В ходе исследования мы использовали комплекс методов, в числе которых анализ, синтез психолого-педагогической литературы, формализация, аксиоматический метод, сравнительный анализ, метод математической статистики. Результаты и научная новизна исследования заключается в том, что получены новые психолого-педагогические сведения об эффективных приемах организации деятельности детей на математических занятиях. Практическая значимость исследования: показаны возможные эффективные приемы организации деятельности детей на математических занятиях в дошкольных образовательных учреждениях; возможно использование на практике новой диагностической методики, разработано перспективное планирование.

Ключевые слова: математические занятия, дошкольники, эффективные приемы, организация деятельности

EFFECTIVE METHODS OF ORGANIZING ACTIVITIES FOR PRESCHOOLERS MATH LESSONS

Lukyanova O.L.

Branch of the State Budgetary Educational Institution Of Higher Education «Stavropol State Pedagogical Institute», Essentuki, e-mail: ollvlu@mail.ru

The relevance of our topic is justified by the desire of preschool children to comprehend the world, mathematical categories are also the sphere of interests of preschoolers, the basis for their further development. With the help of mathematical concepts preschoolers quickly and thoroughly learn the world around them, understand the laws of its development and change. Unfortunately, in pre-school educational institutions not enough attention is paid to the mathematical development of children, classes are often not systematic, methods and techniques used by teachers are not always effective. In this regard, we are interested in the problem of finding effective methods of organization of children's activities in the familiarization with mathematical dependencies. During the study, we used a set of methods, including analysis, synthesis of psychological and pedagogical literature, formalization, axiomatic method, comparative analysis, method of mathematical statistics. The results and scientific novelty of the study is that new psychological and pedagogical information about the effective methods of organizing the activities of children in mathematical classes. Practical significance of the research: possible effective methods of organization of children's activities in mathematical classes in preschool educational institutions are shown; it is possible to use a new diagnostic technique in practice, long-term planning is developed.

Keywords: math lessons, pre-K, effective techniques, organization of activities

В первые годы жизни ребенок интенсивно познает окружающий мир, который обрушивает на него огромный поток информации. На многие вопросы ребенок находит ответ, идя путем проб и ошибок, практически проверяя каждый ответ. Основным источником познания в дошкольном возрасте является опыт чувственной и интеллектуальной деятельности. Чувственный и интеллектуальный опыт необходимо накапливать определенным образом, чтобы была видна система в деятельности, а не простой объем несвязанных между собой знаний. Систематизировать опыт дошкольника должен педагог, который знает, чему и как учить ребенка, способный сделать обучение развивающим.

Математические знания, умения и навыки являются одними из наиболее сложных и значимых в интеллектуальном и общем развитии ребенка, они включены в содержание общественного опыта. Сложность в усвоении математических знаний дошкольниками обоснована тем, что понятия и зависимости в математике носят абстрактный характер, а применение их в жизнедеятельности требует наличия развитого интеллекта. Тем не менее именно дошкольный период является наиболее благоприятным для развития математических представлений. Грамотно заложенные основы математического развития в дошкольном возрасте оказывают значительное влияние на дальнейшее математическое развитие ребенка.

Усвоение дошкольниками начальных математических представлений является основой успешного развития способностей и мышления детей, поэтому именно математике отводится основная роль в обучении дошкольников. Программа по математике для дошкольных образовательных учреждений направлена на развитие и формирование математических представлений и способностей, логического мышления, умственной активности, смекалки, то есть умения делать простейшие суждения, пользоваться грамматически правильными оборотами речи.

Знакомство с математическими зависимостями в дошкольных образовательных учреждениях не всегда систематическое, не всегда применяются эффективные приемы организации деятельности детей.

Цель исследования: определение эффективных приемов организации деятельности дошкольников.

Материалы и методы исследования

Методологической основой нашего исследования являются труды известных педагогов Я.А. Коменского, И.Г. Песталоцци, К.Д. Ушинского, Л.Н. Толстого и др. Современниками методики математического развития стали такие ученые, как Р.Л. Березина, З.А. Михайлова, Р.Л. Рихтерман, А.А. Столяр, А.С. Метлина и др. В ходе исследования был использован комплекс методов, включающих анализ, синтез психологической и педагогической литературы по проблеме исследования, системный подход, формализацию, аксиоматический метод, сравнительный анализ, беседа, анкетирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Работу по развитию у детей элементарных математических представлений, математических зависимостей воспитатель организует на занятиях и вне занятий: утром, днем во время прогулок, вечером. Педагоги всех возрастных групп должны использовать эффективные приемы организации детской деятельности при изучении нового, для закрепления у ребят математических знаний. Например, в процессе рисования, лепки, конструирования у детей закрепляются знания о геометрических фигурах, числе и размере предметов, об их пространственном расположении; пространственные представления, счетные навыки, порядковый счет – на музыкальных и физкультурных занятиях, во время спортивных развлечений [1]. В детском саду воспитатели часто используют подвижные игры, в ходе которых происходит закрепление усвоенных на занятиях математических понятий. Подвижные и дидактические игры для закрепления изученных математических понятий воспитатели подбирают в соответствии с возрастными особенностями детей. Закрепление и повторение изученного происходит в ходе прогулок и экскурсий.

В ходе теоретического анализа приемов организации деятельности дошкольников представляется интересным выделение и рассмотрение самих приемов, применяемых воспитателями. Исходя из того, что прием – это часть метода, мы выделяем следующие приемы, которые организуют деятельность детей в учебном процессе.

На математических занятиях для дошкольников педагоги используют разнообразные педагогические приемы, которые относятся к наглядным, практическим и словесным методам обучения. Приемы используют в определенном комплексе, не изолированно. Например, демонстрацию, как прием, чаще всего используют совместно с объяснением и показом образца. Данный прием является самым распространенным при обучении математике дошкольников. К демонстрации предъявляются определенные требования – точность и конкретность в показе, согласованность с пояснениями, выразительность и эмоциональность речи, использование приемов активизации мышления [2]. В дошкольном возрасте инструкция должна даваться полностью от начала до окончания выполнения задания.

Приемы пояснение, разъяснение в обязательном порядке используются педагогами с целью предупреждения ошибок, преодоления трудностей. Словесные приемы должны быть красочными, образными, но при этом краткими и конкретными.

Вопросы к детям – один из основных приемов формирования математических представлений и зависимостей в дошкольном возрасте. Этот прием должен быть репродуктивно-познавательным. Он активизирует интерес к познанию, восприятие, мышление, память и речь дошкольников. На практике при ознакомлении ребенка с математическими зависимостями обычно используется серия вопросов, которая постепенно усложняется. Вопросы направлены на описание конкретных признаков, свойств предметов, результатов деятельности, установление связей между предметами, их обоснования и объяснения, доказательств. Количество вопросов не должно быть большим, оно должно быть достаточным; если ребенок затрудняется ответить на вопрос, то следует попытаться сформулировать вопрос иначе. Вопросы обычно предлагаются группе детей, а ответ дает один ребенок. В старшем дошкольном возрасте нужно учить детей самостоятельно форму-

лировать вопросы, например, по результатам сравнения предметов, групп предметов.

При организации деятельности детей важную роль играют контроль и оценка, которые тесно взаимодействуют друг с другом. Контроль выражается в наблюдении за действиями детей, результатами их работы, в ходе контроля воспитатель поясняет, уточняет, оказывает индивидуальную помощь, корректирует, разъясняет, исправляет действия и речевые ошибки, предупреждает возможные ошибки.

В ходе ознакомления с математическими зависимостями большую роль играют такие компоненты, как сравнение, анализ, синтез, обобщение, выступают не только как познавательные процессы, или операции, но как методические приемы. Сравнение помогает установить сходство и различие между предметами, сравнивать можно по форме, весу, внешнему виду и т.д. Сначала дети учатся сравнивать два предмета, потом количество предметов можно увеличивать, при этом уменьшать разницу между предметами, то есть делая процесс сравнения сложнее [3].

Важную роль при ознакомлении с математическими понятиями играют такие методические приемы, как синтез и анализ. Примером использования в учебном процессе данных понятий выступает тема «Много – мало», которая познается с помощью оперирования практическими данными и предметами. С помощью анализа и синтеза дети познают обследование формы объекта, наложение и приложение предметов, взвешивание, моделирование.

Моделирование является интересным и наглядным приемом организации деятельности детей, который формирует познавательную активность детей, создает благоприятные условия для формирования абстрагирования, классификации, анализа, синтеза, обобщения, повышает уровень знаний, умений и навыков дошкольника. Моделирование используется в различных творческих играх, которые способствуют приобретению конструкторских навыков организации, общению и взаимодействию детей, приобщению их к трудовой деятельности.

В работе дошкольного образовательного учреждения мы используем такие виды моделирования, как конструирование и графику. Конструирование является эффективным видом деятельности, оно позволяет изучить свойства и качества предмета, учит использовать предмет на практике и представляет собой сложный логический процесс. В процессе конструирования происходит развитие сенсорных и интеллектуальных способностей, обеспечивающих полноценное математическое развитие, способствует практическому познанию свойств предметов и пространственных отношений. С помощью конструирования процесс установления причинно-следственных связей протекает успешнее. В ДОУ на конструировании дети создают из различных материалов поделки, в процессе чего происходит изучение свойств различных материалов. Единство математики и конструирования создает благоприятные условия для поиска связей и отношений между предметами, явлениями, их свойствами и качествами.

В методике ознакомления с математикой учеными конструирование разделено на виды: логические игры с геометрическими фигурами, конструирование из природного материала, конструирование из бумаги, конструирование из палочек, лего и прочего.

В ходе нашего исследования представляет интерес рассмотрение приема организации конструирования. Конструирование по образцу основано на передаче детям готовых способов действий. Детям предлагают образец постройки из строительного материала или конструктора, объясняют способы воспроизведения образца. Данный вид конструирования недостаточно развивает творческую активность, осуществляется в групповой и индивидуальной формах [4].

Творческим приемом организации ознакомления с математическими зависимостями являются игры, примеры и методические разработки представленны в работах Л.А. Венгера, О.М. Дьяченко, Г.А. Глотовой и других авторов. В разработках этих педагогов даны игры, которые можно сконструировать, учитывая интересы любой группы. Материалом для игр являются игрушки, природный материал, окружающие предметы. Преимущество игр заключается в возможности их усложнения и вариативности форм проведения, при этом как индивидуально с тем или иным ребенком, так и с различными группами детей. изначально детям предлагаются простые игры по составлению картинок, свойств домиков, поиск клада, познавательных отгадок. Осваивая разные игры, можно предложить детям сконструировать свою игру или новый вариант известной игры [5]. В ходе обучения педагог определяет последовательность введения игр с дошкольниками в соответствии со степенью сложности, необходимо варьировать виды и формы проведения игровых занятий, что позволит детям освоить различные виды деятельности, способы знакомства с окружающим миром, контроля и оценки правильности выполнения заданий [6].

Особое внимание стоит уделять логическим играм, они не только положительно влияют на развитие математических способностей, но и развивают речь, внимание, память, координацию движений, мелкую мускулатуру пальцев, закрепляют знания, полученные на других занятиях. Логические игры необходимо вводить в учебный процесс с младшей группы детского сада, затем постепенно усложняя задания. Логические игры обычно применяются как неотъемлемая часть учебно-воспитательного процесса.

Наглядно-практическим приемом, используемым в детском саду, является моделирование. Моделирование включает в себя создание и использование моделей в целях формирования элементарных математических представлений. Данный прием является эффективным, так как моделирование активизирует познавательный интерес ребенка, развивает образное мышление, речь, память. Моделирование позволяет ребенку увидеть внешние связи и зависимости, недоступные ему для самостоятельного рассмотрения, а также воспроизводит искомые скрытые связи, зависимости, свойства предметов. Моделирование облегчает формирование временных, количественных представлений у детей. При формировании математических зависимостей применяются предметные, предметно-схематические и графические модели [7].

Эффективным приемом ознакомления с математическими понятиями является экспериментирование. При помощи экспериментирования ребенок самостоятельно, путем проб и ошибок, выявляет скрытые связи и зависимости в математике [8].

Дошкольный возраст является базовым для обучения основам рисования, лепки, конструирования, моделирования, это помогает ускорить и качественно улучшить знакомство с окружающим миром, основами математики и грамоты. Постигая столь большой объем информации постоянно, дети учатся использовать имеющиеся знания в практической деятельности. К примеру, чтобы сравнить два сходные предмета, следует вычленить сначала существенные, затем несущественные свойства, определить особенности цветовой гаммы и формы.

Целесообразно в учебном процессе при ознакомлении с математическими понятиями использовать прием конструирования. Конструирование учит детей внимательному исследованию формы предмета, его строения. Ребенок открывает особенности построения предметов в пространстве и соотносит свойства образца со свойствами имеющегося материала. Это очень значимо в математическом развитии, так как формирование математических представлений предполагает знакомство с геометрическими формами и их разновидностями, сравнение объектов по величине.

Заключение

В результате нашего исследования мы пришли к выводам, что математическое развитие дошкольников, освоение ими математических понятий, закономерностей, зависимостей, формирование логического мышления математическими средствами является важной составляющей подготовки ребенка к школе. Математическое развитие должно осуществляться систематически в качественно организованном учебно-воспитательном процессе передачи знаний и способов интеллектуальной деятельности. Основной целью нашего исследования было раскрыть возможности всестороннего развития дошкольников, подготовка к учебному процессу в начальной школе.

Математическое развитие дошкольника занимает особое место в общем развитии, уровень математического развития определяется умением детей оперировать математическими понятиями, видеть и понимать математические закономерности и связи. Содержание обучения дошкольника направлено на общее развитие ребенка, развитие логического мышления, ознакомление с основными математическими понятиями, приемами логического мышления – сравнением, анализом, рассуждением, обобщением, умозаключением.

В свою очередь, сформированность логического мышления, умение пользоваться приемами логического мышления (классификация, обобщение, схематизация, моделирование, конструирование), умение выразить результаты познавательной деятельности в диалоге или монологе, является показателем общего развития ребенка в целом.

В дошкольном возрасте закладываются базовые знания, умения и навыки, которые требуются для дальнейшего обучения и развития. Дошкольникам характерен исследовательский интерес, они стремятся изучить новые предметы, найти ответы на свои вопросы. Эти особенности дошкольного возраста следует использовать при организации работы по математическому развитию. Современный этап развития дошкольной педагогики характеризуется поисками методов активизации познавательной активности, разработкой новых систем и технологий обучения и воспитания детей.

Организация работы с детьми дошкольного возраста должна строиться с опорой на игру, занимательность, благодаря чему происходит формирование представлений и закрепление уже имеющихся знаний. Применение воспитателем игр и упражнений необходимо для активизации познавательного интереса и самостоятельности у детей. Занимательные по содержанию, направленные на развитие внимания, памяти, воображения, эти материалы стимулируют проявление детьми познавательного интереса. Естественно, что успех может быть обеспечен при условии личностно ориентированного взаимодействия ребёнка со взрослым и другими детьми.

На математических занятиях для дошкольников педагоги используют разнообразные педагогические приемы, которые относятся к наглядным, практическим и словесным методам обучения. Так, при формировании математических зависимостей используют приемы пояснение, разъяснение, вопросы к детям, словесные отчеты с целью предупреждения ошибок, преодоления трудностей, при сообщении нового, закреплении или повторении. Сравнение, анализ, синтез, обобщение тоже выступают как методические приемы. Эффективными приемами организации деятельности детей являются моделирование, демонстрация, экспериментирование, игры, контроль и оценка.

Список литературы

1. Алябьева Е.А. Развитие логического мышления и речи детей 5–8 лет: стихи, занятия, игры, упражнения, диагностика. М.: Сфера, 2005. 108 с.

2. Белошистая А.В. Современные программы математического образования дошкольников. Ростов н/Д.: Феникс, 2005. С. 251.

3. Колесникова Е.В. Математические ступеньки. Программа развития математических представлений у дошкольников. М.: Сфера, 2015. 112 с.

4. Дёмина Е.С. Развитие элементарных математических представлений // Анализ программ дошкольного образования. М.: Сфера, 2009. С. 127.

5. Акулова О.В., Бабаева Т.И., Березина Т.А., Вербенец А.М., Гогоберидзе А.Г., Грядкина Т.С., Деркунская В.А., Ивченко Т.А., Никонова Н.О., Ничипоренко Л.К., Новицкая В.А., Михайлова З.А., Полякова М.Н., Римашевская Л.С., Солнцева О.В., Сомкова О.Н., Яфизова Р.И. Детство: Примерная образовательная программа дошкольного образования. СПб.: Детство-Пресс, 2014. 280 с.

6. Колесникова Е.В. Математические ступеньки. Программа развития математических представлений у дошкольников. М.: Сфера, 2015. 112 с.

7. Нищева Н.В. Играйка 10. Считайка. Игры для развития математических представлений у старших дошкольников. СПб.: Детство-Пресс, 2013. 673 с.

8. Помораева И.А., Позина В.А. Занятия по формированию элементарных математических представлений в старшей группе детского сада: моногр. М.: Мозаика-Синтез, 2015. 248 с.

УДК 372.862

К ВОПРОСУ О ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ-ДИЗАЙНЕРОВ

Месенева Н.В.

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, e-mail: natalya.meseneva@vvsu.ru

В настоящее время проектирование дизайна среды – активно развивающаяся сфера деятельности современного общества, поэтому актуальна подготовка специалистов в области дизайна. В статье рассмотрены вопросы практико-ориентированного обучения студентов специальности дизайн, а также вопросы развития профессиональной подготовки студентов в условиях увеличения конкуренции на рынке образовательных услуг и организации современной предпринимательской деятельности вуза. Основные направления совершенствования профессионального образования рассмотрены на примере Владивостокского государственного университета экономики и сервиса на кафедре дизайна и технологий. Целью представленной работы является выявление современных теоретических и практических тенденций практико-ориентированного обучения при проектировании и реконструкции дизайна среды. Научная актуальность практико-ориентированного обучения состоит в необходимости обновления архитектурно-дизайнерской теории с точки зрения более гуманного отношения к проблемам общества. В статье ставится задача изучить существующие проблемы, имеющиеся в области практико-ориентированного обучения при проектировании дизайна среды. Концепция статьи состоит в организации более качественной подготовки студентов-дизайнеров к профессиональной деятельности. В результате выполненных исследований определены основные составляющие организации практико-ориентированного обучения: выполнение учебных проектов по заказам предприятий, учебные и производственные практики проводятся на производстве, учитывается меняющаяся структура профессии, новые тенденции профессиональной деятельности, современные информационные технологии и использование их в работе, необходимость повышения квалификации преподавателей.

Ключевые слова: дизайн, исследование, концепция, образование, практико-ориентированное обучение, тенденции

TO THE QUESTION ABOUT THE PRACTICE – ORIENTED TEACHING OF THE DESIGNER STUDENTS

Meseneva N.V.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: natalya.meseneva@vvsu.ru

Currently, designing environmental design is an actively developing field of activity of modern society, therefore, training of professional specialists in the field of design is relevant. The article considers the issues of practice-oriented training of students in the specialty design, as well as the issues of developing professional training of students in the face of increasing competition in the market of educational services and the organization of modern business activities of the university. The main directions of improving vocational education are considered on the example of the Vladivostok State University of Economics and Service at the Department of Design and Technology. The purpose of this work is to identify current theoretical and practical trends of practice-oriented training in the design and reconstruction of environmental design. The scientific relevance of practice-oriented teaching is the need to update the architectural and design theory in terms of a more humane attitude to society. The article sets the task of studying the existing problems that exist in the field of practice-oriented training in the design of environmental design. The concept of the article is to organize better training of design students for professional activities. As a result of the studies, the main components of the organization of practice-oriented training have been identified: the implementation of training projects on the orders of enterprises, training and production practices are carried out in production, the changing structure of the profession, new trends in professional activity, modern information technologies and their use in work, the need for advanced training are taken into account teachers.

Keywords: design, research, concept, education, practice-oriented learning, trends

Сегодня в связи с постоянным усложнением содержания профессиональной деятельности специалистов-дизайнеров и увеличением объема знаний в профессиональной подготовке студентов в вузах появилась тенденция объединения производства и образования. Требования, предъявляемые к дизайнерам, растут и изменяются значительно быстрее, чем это может учесть система образования [1]. Поэтому рассчитанные на подготовку дизайнеров программы и курсы должны постоянно модернизироваться [2].

В статье рассматриваются художественные и технические принципы проектирования дизайн-объектов в рамках дисциплины «Проектирование в дизайне среды», разработанной на кафедре дизайна и технологий Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. На кафедре дизайна и технологий используется практико-ориентированный метод обучения студентов по дисциплине «Проектирование в дизайне среды».

Выявление современных тенденций практико-ориентированного обучения не-

обходимых для решения комплекса творческих и практических задач при проектировании дизайна среды. Научная актуальность проблемы состоит в необходимости систематического обновления архитектурно-дизайнерской теории с точки зрения её гуманизации и более внимательного отношения к проблемам человека и общества [3]. Новизна данной работы состоит в исследовании современных тенденций практико-ориентированного обучения по дисциплине «Проектирование в дизайне среды» студентов-дизайнеров. Развитие информатизации общества требует высокого уровня профессиональной подготовки студентов, необходимости самообразования, самостоятельного решения задач, широкого кругозора, развития и совершенствования базовой подготовки студентов. Задача российского образования состоит в подготовке квалифицированных специалистов, владеющих своей профессией, конкурентоспособных, подготовленных в смежных областях профессиональной деятельности, разносторонних и мобильных в своей специальности.

Материалы и методы исследования

Концепция статьи состоит в исследовании современных тенденций практико-ориентированного подхода в системе образования студентов-дизайнеров. В статье рассматриваются современные проблемы, существующие в практико-ориентированном обучении студентов, отмечается важность выполнения реальных проектов в процессе обучения. Для решения задач исследования применены общетеоретические методы научных разработок.

Результаты исследования и их обсуждение

Составляющие дизайн-проекта включают творческую часть и техническое исполнение. В студенческих работах формируются основные качества будущего специалиста:

– умение выполнять предпроектный анализ, систематизировать характеристики проектируемого дизайн-объекта;

– умение работать в группе и индивидуально;

– выполнять дизайн-проект различного назначения (графика, интерьер, экстерьер, ландшафт);

– реализовывать и согласовывать дизайн-проект на практике;

– умение создавать концептуальные, индивидуальные характеристики проекта;

– приобретать навыки поиска необходимой литературы по проблеме;

– владеть навыками использования основных правил и норм проектирования среды, правильно оформлять проектную документацию;

– навыки оригинальной графической подачи проекта с применением современных графических программ;

– применение современных технологий и материалов в проектировании.

При выполнении учебных проектов изучаются методы моделирования пространства и объектов, которые формируются на основе проектируемой концепции проекта и позволяют студенту представлять, понимать проблемы проектируемого пространства среды в целом. Организация эмоционально окрашенного пространства выполняется при создании концепции дизайн-проекта. Концепция проекта формируется с учетом существующих характеристик дизайна среды: физических, конструктивных, художественных. Создание дизайн-концепции – основной этап проектирования. Важным на этапе создания проектной концепции является метафора [4]. На кафедре дизайна и технологий учебные проекты в основном выполняются на основе заказов подразделений ВГУЭС, заказов города, края. В соответствии с программой дисциплины «Проектирование в дизайне среды» выполняются следующие проекты:

– во втором семестре (2 модуль) – разработка объекта с несложной функцией в городской среде (место для общения);

– в третьем семестре (3 модуль) – разработка упаковки, оформление витрины;

– в четвертом семестре (4 модуль) – разработка фирменного стиля компании;

– в пятом семестре (5 модуль) – разработка интерьеров жилого пространства (квартиры, коттеджа);

– в шестом семестре (6 модуль) – разработка интерьеров общественного пространства (кафе, офис, университет, медицинские учреждения); ландшафтная организация рекреационного объекта (придомовая территория);

– в седьмом семестре (7 модуль) – разработка интерьера многоуровневого пространства; ландшафтная организация среды (сквер, парк);

– в восьмом семестре (8 модуль) – по заказам предприятий выполняется выпускная квалификационная работа. Студенты работают с заказчиками, включая все этапы дизайн-проекта (рис. 1, 2).

Во время обучения студенты выполняют работы самых различных направлений: графический дизайн, дизайн интерьера жилого и общественного пространства, ландшафтный дизайн.

За 2013–2019 учебные годы на кафедре дизайна ВГУЭС студентами было выполнено много практико-ориентированных ди-

зайн-проектов, таких как: «Разработка интерьеров медицинской клиники», «Разработка интерьеров мотеля по трассе М60», «Разработка интерьеров международной школы», «Разработка интерьеров кубриков детского оздоровительного центра “Океан”» и т.д. [5].

Студенты в процессе всего обучения участвуют в проводимых в городе, крае, а также в международных конкурсах. При подготовке студенческих дизайн-проектов к выставкам и конкурсам рассматриваются основные характеристики проектов: актуальность, креативность, профессиональность, качество графического выполнения, учет региональных особенностей и современных тенденций проектирования.

Подготовка к конкурсам и выставкам положительно влияет на профессиональную познавательную мотивацию студентов, способствует развитию профессиональных качеств.

На конкурсах курсовых проектов и выпускных квалификационных работ студенческие проекты ВГУЭС отмечаются заслуженными дипломами, грамотами:

– Интернациональный форум «Новые идеи нового века» (ТОГУ г. Хабаровск);

– Pacific Stale and Design Week 5.0 Международная выставка-конкурс достижений преподавателей, студентов и творческих коллективов Дальнего Востока России и стран АТР «5.0 » (ВГУЭС, г. Владивосток);

– Международный фестиваль искусств «Пространство Амур» г. Благовещенск;

– открытая выставка-конкурс архитектурно-дизайнерского творчества молодежи ПАРАЛЛЕЛИ ДВФУ (г. Владивосток);

– Мир искусства на Русском (ДВФУ, г. Владивосток).

Проекты, выполненные по реальным заказам предприятий, создают значительную заинтересованность у студентов, повышают качество выполнения проектов. Заказчики, работающие со студентами, высоко оценивают выполненные дизайн-проекты. В учебном проектировании при практико-ориентированном подходе последовательность создания художественного образа дизайн-проекта включает:

– составление концепции решения, поиск образа проектируемого объекта;

– составление ассоциативного ряда проектируемого объекта и его составляющих, указывающего на проектируемое пространство;

– результат, защита дизайн-проекта, предоставляются альбомы чертежей и планшеты работ.

Рис. 1. Дипломный проект «Разработка интерьера квартиры» студентки Т.А. Кондрашиной (ВГУЭС, 2019 г.)

Рис. 2. Дипломный проект «Разработка фирменного стиля» студентки Д.Ю. Адушевой (ВГУЭС, 2019 г.)

При практико-ориентированном методе обучения важно:

– учитывать влияние современных тенденций проектирования дизайна среды;

– развивать и формировать образно-ассоциативное мышление у студентов;

– учитывать в дизайн-проектах художественные, культурные и национальные традиции;

– создавать функциональное, выразительное, художественное многообразие проектируемого пространства;

– учитывать тенденции современного искусства, применять художественный подход при проектировании;

– учитывать, что композиция проектируемого объекта дизайн среды может меняться под влиянием различных условий;

– изучать концептуальные работы ведущих дизайнеров и архитекторов мира;

– направлять студентов на поиск новых идей при проектировании художественно привлекательных пространств.

Цель практико-ориентированного обучения – систематизировать и упорядочить конкретную практическую задачу для достижения необходимого результата дизайн-проекта. Для этого необходимо:

– создавать на кафедре архив наглядных образцов (альбомов, планшетов) учебных и профессиональных проектов;

– разрабатывать, создавать методики процесса проектирования конкретного дизайн-проекта;

– рекомендовать и представлять специальную профессиональную и нормативную литературу по проектированию среды;

– учитывать возможные социально-экономические изменения в обществе;

– уметь работать с заказчиком;

– учитывать необходимость включения аналитической и исследовательской работы;

– формировать дисциплинированность студентов, умение планировать, оценивать свою деятельность, чувство ответственности.

Требования, предъявляемые к преподавателям проектирования:

– создавать возможность обучения студентов в производственных условиях, организовывать учебные и производственные практики на производстве;

– учитывать меняющуюся структуру профессии, современные трансформирующиеся тенденции профессиональной деятельности;

– участвовать в организации профессиональных и студенческих конференций, выставок, конкурсов;

– учитывать индивидуальные требования заказчика, технические и финансовые возможности заказчика;

– организовывать и проверять самостоятельную работу студентов;

– активно использовать при выполнении проектов современные графические программы и информационные технологии;

– учитывая, что знания в настоящее время быстро устаревают, непрерывно и постоянно повышать свою квалификацию.

Заключение

В настоящее время в связи со стремительным развитием техники и технологий во всех областях деятельности общества требования к проектированию объектов дизайна меняются и растут, изменяются условия рынка труда, формируются новые тенденции социально-культурных взаимосвязей, постоянно трансформируются технологии поиска концептуальных решений в дизайн-проектировании.

Практико-ориентированный метод обучения формирует и повышает у студентов творческую, познавательную и научно-исследовательскую деятельность, в результате подготовка к будущей специальности становится эффективнее. Выполнение практико-ориентированных проектов формирует профессиональное мышление студента, способного отвечать требованиям современного рынка труда, быть востребованным специалистом многопрофильного уровня. «Атлас новых профессий» прогнозирует, что к 2030 г. исчезнет 57 «традиционных» профессий и при этом появится 186 новых [6].

Сегодня преподаватели дизайнерских кафедр – это одновременно дизайнеры и педагоги, и у каждой из этих обязанностей есть свои специфические особенности.

В результате выполненных исследований определены основные современные тенденции организации практико-ориентированного обучения студентов-дизайнеров:

– выполнение учебных проектов и дипломных работ по заказам предприятий;

– учебные и производственные практики необходимо проводить на производстве под руководством преподавателя и заказчика;

– организация участия проектов в студенческих выставках, конкурсах и конференциях;

– учитывается меняющаяся структура профессии, современные тенденции профессиональной деятельности;

– изучение современных графических программ, информационных технологий и применение их в работе над проектом;

– необходимость постоянного повышения квалификации во всех областях профессии;

– самостоятельное изучение творчества ведущих дизайнеров и архитекторов мира.

Современное профессиональное образование требует подготовки квалифицированных специалистов, конкурентоспособных на рынке труда, широко образованных, обладающих знаниями и навыками в смежных областях деятельности, способных к работе по специальности, ориентированных на социальную и профессиональную мобильность.

Рассмотренные в статье направления и тенденции являются неполным перечнем вопросов, которые решают дизайнеры при организации городской среды [7].

Список литературы

1. Новикова Я.Н. Пропедевтический подход к многоуровневой подготовке дизайнеров // Вестник Новгородского государственного университета. Педагогика. Психология. 2008. № 48. С. 40–43.

2. Глазычев В.Л. О дизайне. Очерки по теории и практике дизайна на Западе. М.: Искусство, 1970. 190 с.

3. Медведев В.Ю. Сущность дизайна: теоретические основы дизайна: учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: СПГУТД, 2009. 110 с.

4. Жердев, Е.В. Метафора в дизайне: учеб. пособие. Издание 2-е, перераб. и доп. М.: Архитектура-С, 2010. 464 с.

5. Месенева Н.В. К вопросу о научно-исследовательской работе студентов специальности «Дизайн» в вузе // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2015. № 3 (30). С. 175–178.

6. Атлас новых профессий – «Профессии-пенсионеры». 2015. [Электронный ресурс]. URL: http://atlas100.ru/future/articles/professii-pensionery/ (дата обращения: 09.07.2019).

7. Месенева Н.В. К вопросу использования малых архитектурных форм в дизайне городской среды // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8 (2). С. 256–260.

УДК 378:159.9.072.43(571.56)

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСОБЕННОСТЕЙ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИИ) НА ЭТАПЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНОВЛЕНИЯ

Осинская А.А., Гурьева А.Б., Дегтярева Т.Г., Егорова Е.Е.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: osin_alen@rambler.ru

Целью исследования явилось изучение характерологических особенностей личности студентов-медиков на этапе профессионального становления. В комплексном исследовании принимало участие 149 студентов I курса медицинского института Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Изучение характерологических особенностей личности студентов было проведено по тестам Айзенка EPI. Для определения уровня тревожности использовали опросник Спилберга и Д. Тейлора. Изучение ценностных ориентаций проводилось по методике М. Рокича. В результате исследования выявлено, что среди студентов регистрируется больший процент амбивертов (42%). Доля интровертов составила 5%, экстравертов – 2%. У 40,7% студентов регистрируется средний уровень нейротизма. У юношей низкий уровень нейротизма регистрируется чаще. Сравнительная оценка уровня тревожности выявила средний уровень тревоги – 71,4%, низкий уровень тревожности определен только у 1,1% респондентов. Более высокие показатели уровня тревоги характерны для девушек, а также для студентов, проживавших до поступления в медицинский институт в сельской местности. Преобладающими ценностями студентов-медиков являются «здоровье», «дружба», «материально обеспеченная жизнь» и «ответственность и образованность». Полученные результаты могут быть использованы в выборе форм и методов обучения, наиболее соответствующих индивидуально-психологическим особенностям студентов в целях повышения эффективности профессионального обучения в медицинском вузе и правильной ориентации первокурсников в выборе будущей специализации.

Ключевые слова: студенты, психологические особенности личности, экстраверсия, интроверсия, тревожность, нейротизм, инструментальные и терминальные ценности

THE CHARACTERISTIC FEATURES OF THE PERSONALITY OF STUDENTS OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA) AT THE STAGE OF PROFESSIONAL FORMATION

Osinskaya A.A., Gureva A.B., Degtyareva T.G., Egorova E.E.

North-Eastern Federal University n. a. M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: osin_alen@rambler.ru

The aim of the study was to research the characteristics of the personality of medical students at the stage of professional development. 149 first-year students of the medical Institute of the North-Eastern Federal University took part in the study. The study of character peculiarities of the personality of students was conducted by the tests Eysenck EPI. Spielberg and Taylor's questionnaire was used to determine the level of anxiety. The study of value orientations was carried out by the method of Rokich. As a result of the study, it was found that a higher percentage of students registered ambiverts (42%). The share of introverts was 5%, extroverts – 2%. The average level of neuroticism is registered in 40,7% of students. In young men, a low level of neuroticism is recorded more often. A comparative assessment of the level of anxiety revealed an average level of anxiety – 71, 4%, a low level of anxiety was determined only in 1,1% of respondents. Higher rates of anxiety are typical for girls, as well as for students who lived before entering the medical Institute in rural areas. The prevailing values of medical students are «health», «friendship», «financially secure life» and «responsibility and education». The results can be used in the selection of forms and methods of training that are most appropriate to the individual psychological characteristics of students in order to improve the efficiency of vocational training in medical school and the correct orientation of freshmen in the choice of future specialization.

Keywords: students, psychological features of personality, extroversion, introversion, anxiety, neuroticism, instrumental and terminal values

Выбор профессии человеком во многом обусловлен предпочтением той сферы деятельности, в которой он предполагает испытать психологический комфорт и достичь высоких результатов. Поэтому он должен быть связан с особенностями индивидуально-типологических характеристик, чтобы не оказаться в ситуации рассогласования индивидуальных особенностей мышления с требованиями учебного процесса, что неизбежно приведет к учебной и личностной тревожности.

В настоящее время – время поисков и открытий во всех направлениях развития общества – меняются и подходы к организации учебного процесса в вузе. Современный преподаватель должен быть не только профессионалом в своей области, но и иметь фундаментальные представления о психологических особенностях студенческой молодежи. Несомненно, знание индивидуальных особенностей студентов поможет преподавателю выбрать наиболее оптимальный стиль общения и взаимодействия со студентами, позволит преодолеть субъективизм в отношении к ним, избежать возможных ошибок, тем самым повысить качество преподавания предмета [1, 2].

Индивидуальный подход, а также максимальное использование всего арсенала профориентационных возможностей учебно-педагогического процесса, создание и внедрение педагогических технологий, ориентированных не только на повышение уровня знаний студентов, но и на развитие профессионального самоопределения, в настоящее время являются крайне актуальными. Актуальность проблемы усиливается, когда речь касается вопросов психологической адаптации студентов, прибывших из сельской местности в новые социально-экономические условия проживания.

Цель исследования: изучение характерологических особенностей личности студентов-медиков на этапе профессионального становления.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено в медицинском институте Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. В комплексном исследовании принимали участие 149 студентов I курса медицинского института. Данная работа проведена с помощью традиционных тестовых и бланковых методов, которые являются доступными и удобными в применении.

Социальный портрет студентов первого курса составлен по материалам личных дел студентов, анкет абитуриентов. Изучение характерологических особенностей личности студентов было проведено по тестам Айзенка EPI. Предлагаемая методика содержит опросник Айзенка (подростковый вариант, разработанный Т.В. Матолиной), классификацию в зависимости от соотношения результатов шкалы интроверсии, вербальное описание особенностей каждого типа и основное направление тактики взаимоотношений с подростками каждого типа. Данная методика позволяет такие фундаментальные показатели личности, как экстраверсия-интроверсия и нейротизм. По Г. Айзенку, экстраверсия и интроверсия определяются как степень, в которой человек направляет свою энергию внутрь себя или наружу, на других. Интроверсия подразумевает обращение внимания на внутренние переживания человека, экстраверсия – на других людей и окружающую среду [3].

Для определения уровня тревожности использовали опросник Спилберга и Д. Тейлора. Известно, что существуют два основных типа тревожности: ситуационная – отражающая реакцию личности на конкретную ситуацию и личностная – демонстрирующая относительно устойчивую черту индивидуума [4].

Изучение ценностных ориентаций проводилось по методике М. Рокича. Данная методика основана на ранжировании списка терминальных и инструментальных ценностей. Терминальные ценности М. Рокич определяет как основные цели человека, они отражают долговременную жизненную перспективу, то, к чему он стремится сейчас и в будущем. Инструментальные ценности характеризуют средства, которые выбираются для достижения целей жизни. Они выступают в качестве инструмента, с помощью которого можно реализовать терминальные ценности [5].

Статистическая обработка полученного материала проводилась с помощью методов вариационной статистики [6]. Оценка межгрупповых различий относительных показателей проведена по критерию Пирсона χ^2. Значимым считалось различие между сравниваемыми величинами при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Из 149 обследованных студентов девушек 98 (65,8%), юношей – 51 (34,2%). Несовершеннолетних студентов было 56 (37,6%), старше 18 лет – 93 (62,4%). Распределение по национальному составу было следующее: якутов – 124 (83,2%), русских – 19 (12,8%), малые народности составили – 10 (6,7%) и другие национальности 4 (2,7%). Студенты, до поступления проживавшие в улусах, составили 94 человека (63, 1%), из них из арктических улусов 27 (18,1%), из мест компактного проживания 6 (4,0%). Городских студентов – 55 человек (36,9%).

По данным опроса студентов из 149 студентов 42% составляют амбиверты, 5% – интроверты и 2% – экстраверты. Потенциальных интровертов 29%, потенциальных экстравертов 22%. Анализ полученных результатов в зависимости от пола не выявил достоверных различий. Выявлен достоверно ($\chi^2 = 36,416–45,157$, $p < 0,01$) больший процент амбивертов, что можно считать закономерным, обусловленным спецификой выбора будущей профессии [7]. Известно, что амбивертам свойственны качества как экстраверта, так и интроверта. Данное качество позволяет им быть более гибкими в различных обстоятельствах, что, несомненно, важно в профессиональной деятельности врача. Ежедневно врачи сталкиваются с множеством нравственно-этических проблем, что требует от врача гибкой модели поведения в зависимости от ситуации.

Оценка эмоциональной устойчивости (нейротизма) выявила, что у 40,7% обследованных студентов регистрируется средний уровень нейротизма (табл. 2). Фактор нейротизма демонстрирует эмоционально-психологическую устойчивость/неустойчивость, стабильность/нестабильность.

Проанализировав связь уровня нейротизма с полом, успеваемостью и местом проживания, определено, что у юношей низкий уровень нейротизма встречается чаще, чем у девушек. У студентов, проживавших до поступления в сельской местности, в отличие от городских, показатели высокого уровня нейротизма регистрируются чаще, что вполне объяснимо необходимостью адаптации не только к учебному процессу, но и к городской жизни. Рассматривая связь уровня нейротизма с успеваемостью студентов, выявлено, что максимальные показатели высокого уровня нейротизма

отмечены у отличников и хорошистов. Данный факт можно объяснить тем, что отличные и хорошие оценки даются им большой «психофизиологической ценой».

Оценка уровня тревожности по Тейлору выявила, что в большинстве случаев регистрируется средний уровень тревоги 71,4%. Высокий уровень тревожности отмечен у 27,5% опрошенных студентов, низкий – у 1,1% (табл. 3). Данные показатели дают возможность судить о благополучности психического здоровья первокурсников и о соответствии возрастным нормам.

У девушек отмечается более выраженная тенденция к высокому уровню тревоги. Известно, что у девушек подросткового возраста определяется более высокий уровень тревожности, связанный с психологическими особенностями развития эмоциональной сферы в данном возрастном периоде [8]. Кроме того, более высокие показатели уровня тревоги характерны для студентов, проживавших до поступления в медицинский институт в сельской местности, что является естественным в процессе адаптации первокурсника к городской среде.

Таблица 1

Распределение экстравертированных – интровертированных типов личности (%) у студентов МИ СВФУ

Показатели	Всего	Девушки	Юноши
	n = 149	n = 98	n = 51
Сверхинтроверт	–	–	–
Интроверт	5	6,6	–
Потенциальный интроверт	29	26,7	36
Амбиверт	42	42,7	40
Потенциальный экстраверт	22	22,7	20
Экстраверт	2	1,3	4
Сверхэкстраверт	–	–	–

Таблица 2

Выраженность уровня нейротизма у студентов МИ СВФУ

	N	Низкий уровень 0–10 (%)	Средний уровень 11–14 (%)	Высокий уровень 15–24 (%)
Всего	149	20,5	40,7	38,8
Юноши	51	32,4	32,9	34,7
Девушки	98	20,9	42,9	36,2
Место жительства до поступления в вуз				
Село	94	13,8	41,4	44,8
Город	55	25,8	40,9	33,3
Успеваемость				
4–5	41	23,6	32,4	44
3	91	22,5	42,5	35
2	17	17,7	52,9	29,4

Таблица 3

Сравнительная характеристика уровня тревожности по Тейлору у студентов МИ СВФУ

	N	Низкий уровень тревоги, %	Средний уровень тревоги, %			Высокий уровень тревоги, %	Очень высокий уровень тревоги, %
			с тенденцией к низкому уровню	с тенденцией к высокому уровню	Общие показатели		
Всего	149	1,1	19,8	51,6	71,4	27,5	–
Юноши	51	–	38,1	33,3	66,6	28,6	–
Девушки	98	–	15,7	57,1	72,8	27,2	–
Место жительства до поступления в вуз							
Село	94	–	10,6	53,9	64,5	35,5	–
Город	55	1	12,9	75,8	88,7	11,3	–

Таблица 4

Сравнительная характеристика уровня тревожности по Спилбергу у студентов МИ СВФУ

	N	Ситуационная тревожность, %			Личностная тревожность, %		
		Низкая	Умеренная	Высокая	Низкая	Умеренная	Высокая
Всего	149	76	21,8	2,2	2,2	56,1	41,7
Юноши	51	85,8	14,2	–	–	71,4	28,6
Девушки	98	71,4	25,8	2,8	2,8	51,5	45,7
Место жительства до поступления в вуз							
Село	94	60,7	35,1	4,2	1,4	53,4	45,2
Город	55	81,8	17,1	1,1	–	60,6	39,4

Аналогичные тенденции регистрировались при изучении уровня тревожности по Спилбергу. Во всех группах исследуемых наибольшие показатели ситуационной тревожности оценивались как низкие (60,7–85,8 %) (табл. 4). Анализ показателей личностной тревожности выявил более высокий уровень тревожности у девушек и у студентов, прибывших на обучение из сельской местности.

Изучение уровня тревожности по Тейлору и уровня личностной тревожности по Спилбергу выявило одинаковые результаты. Преобладание среднего уровня тревожности можно расценить как признак относительной благополучности психофизиологического статуса студентов. Низкий уровень ситуационной тревожности, по нашему мнению, указывает на оптимальную организацию учебного, воспитательного процесса и жилищно-бытовых условий первокурсников СВФУ.

Анализ ценностей студентов первого курса показал, что из терминальных ценностей доминирующую позицию занимают шесть ценностей: «здоровье», «наличие хороших и верных друзей», «материально обеспеченная жизнь», «жизненная мудрость», «уверенность в себе», «любовь» (табл. 5). Сравнение результатов по гендерной принадлежности респондентов выявило, что три доминирующие ценности у юношей и девушек были одинаковые – это «здоровье», «дружба», «материально обеспеченная жизнь». Такие результаты вполне объяснимы стабилизирующейся социально-экономической обстановкой в стране, популяризацией здорового образа жизни и улучшением материального состояния граждан. В настоящее время государством уделяется большое внимание вопросам здоровья и благосостояния нации.

После лидирующих ценностей в ранжированном ряду как у девушек, так и у юношей занимает «любовь», далее «семья». Необходимо отметить, что девушки более ориентированы на создание семьи (7 ранг), чем юноши – 12 ранг. Эти различия объясняются тем, что у девушек понятия «любовь» и «семья» более взаимосвязаны, чем у юношей. Студенты (юноши и девушки) также ценят «жизненную мудрость», «развитие», «уверенность в себе» что, вероятно, говорит о том, что они серьезно нацелены на учебу, более глубоко рассматривают смысл жизни для продвижения в профессиональной сфере.

Таблица 5

Ранжирование терминальных ценностей у студентов МИ СВФУ

	юноши	девушки
1) активная деятельная жизнь	10	10
2) жизненная мудрость	4	4
3) здоровье	1	1
4) интересная работа	11	11
5) красота природы и искусства	19	19
6) любовь	6	6
7) материально обеспеченная жизнь	3	3
8) наличие хороших и верных друзей	2	2
9) общественное признание	9	14
10) познание	14	9
11) продуктивная жизнь	16	12
12) развитие	8	8
13) развлечения	15	17
14) свобода	11	15
15) счастливая семейная жизнь	12	7
16) счастье других	18	18
17) творчество	17	16
18) уверенность в себе	5	5

Из инструментальных ценностей первую шестерку ценностей и у юношей и девушек составляют: «образованность», «ответственность», «исполнительность», «самоконтроль», «смелость в отстаивании своих взглядов», «честность». В дальнейшем ранжировании отмечаются половые отличия: для юношей характерно в отличие от девушек выделение таких ценностей, как «независимость», «самостоятельность», «твердая воля». А у девушек более высокие

ранги получили «воспитанность», «чуткость» и «честность».

Заключение

В настоящей работе представлены результаты анализа комплексного исследования характерологических особенностей личности и уровня тревожности 149 студентов-первокурсников медицинского института СВФУ им. М.К. Аммосова.

Исследование психологических особенностей личности выявило, что среди студентов регистрируется больший процент амбивертов (42%). Доля интровертов составила 5%, экстравертов – 2%. Половина обследованных студентов относились к переходным формам типов личности: процент лиц, относящихся к потенциальным интровертам, был 29, к потенциальным экстравертам – 22.

Оценка эмоциональной устойчивости (нейротизма) выявила, что у студентов регистрируется средний уровень нейротизма – 40,7%. Проанализировав связь уровня нейротизма с полом, выявили, что у 32,4% юношей регистрируется низкий уровень нейротизма. Полученный результат выше на 11,5% аналогичного показателя девушек.

У студентов, прибывших на учебу из сельской местности, показатели высокого уровня нейротизма составили 44,8%, что выше аналогичного параметра у городских студентов. Анализ связей уровня нейротизма с успеваемостью студентов показал, что высокий уровень нейротизма чаще регистрируется у отличников и хорошистов.

Сравнительная оценка уровня тревожности по Тейлору выявила средний уровень тревоги – 71,4%, низкий уровень тревожности определен только у 1,1% респондентов. Более высокие показатели уровня тревоги характерны для девушек, а также для студентов, проживавших до поступления в медицинский институт в сельской местности.

Аналогичные тенденции регистрировались для личностной тревожности по Спилбергу. Ситуационная тревожность оценивалась как низкая у 85,8% обследованных, высокий показатель регистрировался лишь в 2,8% случаев.

Преобладающими ценностями студентов-медиков являются «здоровье», «дружба», «материально обеспеченная жизнь» и «ответственность и образованность». Такие результаты доказывают правильность выбора профессии врача студентами-первокурсниками.

Таким образом, проведенное исследование позволило нам прийти к выводу, что значительную роль в формировании профессиональной направленности играют характерологические особенности личности и уровень развития ее способностей. Знание индивидуальных особенностей студентов поможет преподавателю выбрать наиболее оптимальный стиль общения и взаимодействия со студентами, что является важным на этапе профессионального становления будущего специалиста-медика. Полученные результаты могут быть использованы в выборе форм и методов обучения, наиболее соответствующих индивидуально-психологическим особенностям студентов в целях повышения эффективности профессионального обучения в медицинском вузе и правильной ориентации первокурсников в выборе будущей специализации.

Список литературы

1. Приходько И.Б. Оценка психофизиологических и социально-психологических особенностей студентов, влияющих на успешность их обучения // Энергосбережение и водоподготовка. 2007. № 2 (46). С. 77–78.

2. Климов Е.А. Идеалы культуры и становление субъекта профессиональной деятельности // Психологический журнал. 2005. Т. 26. № 3. С. 94–101.

3. Айзенк Г.Ю. Парадоксы психологии. М.: Издательство: Эксмо, 2009. 350 с.

4. Тынышбаева А.А., Жуматова Н.Ж. Исследование проблемы тревожности личности в полиграфологических исследованиях // Наука и мир. 2015. Т. 2. № 6 (22). С. 82–84.

5. Поздняков С.А., Халина Н.В. Представление молодежи о собственных терминальных ценностях и прародителей на линейной шкале // Теория и практика измерения и мониторинга компетенций и других латентных переменных в образовании: материалы XXIII Всероссийской научно-практической конференции (Славянск-на-Кубани, 23–24 июня 2015 г). Славянск-на-Кубани: Издательство Филиал Кубанского гос. ун-та, 2015. С. 95–101.

6. Петри А., Сэбин К. Наглядная медицинская статистика. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 216 с.

7. Головнёва И.В. Психологические особенности личности, влияющие на успешность в профессиях «человек – человек» // Вестник Омского университета. Серия: Психология. 2018. № 1. С. 42–55.

8. Будукоол Л.К.С. Оценка уровня тревожности студентов тувинской и русской национальности в процессе обучения в вузе // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2011. № 2. С. 164–167.

УДК 371.315.5:372.881.161.1

ВОЗМОЖНОСТИ УЧЕБНИКОВ И ПРОГРАММ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ ПО ВОПРОСУ ОБУЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭВФЕМИЗМОВ В РЕЧИ

Рапаева Ю.В.

ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный педагогический университет», Оренбург, e-mail: ospu@ospu.ru

Статья посвящена анализу учебников и программ по русскому языку с точки зрения обучения использованию в речи эвфемизмов. Эвфемизмы позволяют сделать речь коммуникативно корректной, помогают избегать речевых конфликтов, варьировать свою речь в зависимости от условий общения, заменять грубые, неприличные, нетактичные наименования на смягченные выражения. Рассмотрев учебники и учебные программы, мы пришли к следующему заключению: ни в одном из данных учебников нет работы над эвфемизацией речи, в учебниках 5–11 классов по русскому языку не вводится понятие «эвфемизм», теория и практика рассмотренных учебников не располагает системой заданий для обучения употреблению эвфемизмов в речи и формированию у учащихся коммуникативных умений корректного использования в речи эвфемистических выражений в зависимости от ситуации общения. Однако в некоторых учебниках нами были выявлены упражнения, которые формируют вежливое, тактичное общение, однако нельзя сказать, что эти упражнения формируют умение использовать эвфемизмы. Следовательно, можно сделать вывод, что на сегодняшний день обучение использованию эвфемизмов в учебниках и пособиях по русскому языку не осуществляется, поэтому есть необходимость создания системы упражнений по обучению эвфемизмам в школе.

Ключевые слова: коммуникативная компетенция, эвфемизм, методика обучения, коммуникативные способности, средство выразительности

OPPORTUNITIES FOR RUSSIAN LANGUAGE TEXTBOOKS AND PROGRAMS ON LEARNING THE USE OF EUPHEMISMS IN SPEECH

Rapaeva Yu.V.

Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: ospu@ospu.ru

The article is devoted to the analysis of textbooks and programs in the Russian language from the point of view of teaching the use of euphemisms in speech. Euphemisms allow you to make speech communicatively correct, help to avoid speech conflicts, vary your speech depending on communication conditions, replace rude, indecent, tactless names with softened expressions. After reviewing the textbooks and curricula, we came to the following conclusion: none of these textbooks has work on speech euphemization, in the textbooks of grades 5-11 in the Russian language the concept of «euphemism» is not introduced, the theory and practice of the textbooks examined do not have a system of tasks for training in the use of euphemisms in speech and the formation of students' communicative skills in the correct use of euphemistic expressions in speech, depending on the communication situation. However, in some textbooks, we have identified exercises that form polite, tactful communication, however, it cannot be said that these exercises form the ability to use euphemisms. Consequently, we can conclude that today training in the use of euphemisms in textbooks and manuals in the Russian language is not carried out, therefore there is a need to create a system of exercises for teaching euphemisms in school.

Keywords: communicative competence, euphemism, teaching methods, communication skills, means of expression

Сегодня российское образование попрежнему ставит своей целью развитие речевой культуры учеников. При этом первостепенное значение имеет подготовка учащихся к профессиональной деятельности: учащихся заранее обучают принимать важные решения, находить нужную информацию, успешно контактировать с окружающими людьми. А ведь умение выбирать успешные коммуникативные стратегии, не создавать у собеседника ощущение коммуникативного дискомфорта сегодня является важным качеством специалистов в различных сферах деятельности. Врачи, продавцы, учителя, работники банка и другие специалисты при выполнении своих должностных обязанностей часто стоят перед выбором корректной, тактичной фразы в вопросе возраста, психического и физического состояния, расовой принадлежности, материального достатка и т.п. В подобных случаях осознавая или не осознавая это, участники коммуникации заменяют грубое, нетактичное выражение на его смягченный вариант. В лингвистике это речевое средство называется «эвфемизм», что с греческого языка переводится как «благоречие».

Стремление обучить еще со школьной скамьи «благоречию» мы находим в Федеральном государственном образовательном стандарте, в котором указано, что выпускники школы должны уметь «контролировать и корректировать деятельность», «выбирать успешные стратегии в различных ситуациях» [1]. В Примерной основной образовательной программе основного общего образования также ставится целью на уроках русского языка научить детей «анализировать речевые высказывания с точки зрения их соответствия ситуации общения и успешности в достиже-

нии прогнозируемого результата; понимать основные причины коммуникативных неудач и уметь объяснять их» [2]. Также при сдаче Единого государственного экзамена по русскому языку обязательным требованием в сочинении является соблюдение этических норм (критерий 11), что невозможно без использования в речи эвфемизмов.

Таким образом, ФГОС ОО, ПООП ООО ставят целью воспитание успешной языковой личности. Следовательно, учебники и пособия по русскому языку должны отражать требования нормативных документов.

Цель исследования: изучить возможности современных учебников с 5 по 11 класс учебных пособий по вопросу обучения корректной речи, а именно обучение использованию в речи эвфемизма, и проверить, отражают ли они задачи нормативных документов.

Материал исследования: современные учебники по русскому языку с 5 по 11 классы.

Метод исследования: анализ учебников по русскому языку.

Результаты исследования и их обсуждение

Для исследования нами были выбраны следующие современные учебники по русскому языку с 5 по 11 классы:

1. УМК «Русский язык» Т.А. Ладыженской, М.Т. Баранова, Л.А. Тростенцовой и др. (5–9 классы).
2. УМК «Русский язык» М.М. Разумовской, С.И. Львовой и др. (5–9 классы).
3. УМК «Русский язык. Практика» А.Ю. Купаловой, А.П. Еремеевой, Г.К. Лидман-Орловой, С.Н. Пименовой, Ю.С. Пичуговой и др. (5–9 классы).
4. УМК «Русский язык. Русская речь» Е.И. Никитиной (5–9 классы).
5. УМК «Русский язык» С.И. Львовой, В.В. Львова (5–9 классы).
6. УМК «Русский язык» Р.Н. Бунеева, Е.В. Бунеевой и др. (10–11 классы).
7. УМК «Русский язык и литература. Русский язык» С.И. Львовой, В.В. Львова (10–11 классы).
8. УМК «Русский язык» А.Д. Дейкиной, Т.М. Пахновой (10–11 классы).
9. УМК «Русский язык: Грамматика. Текст. Стили речи» А.И. Власенковой, Л.М. Рыбченковой (10–11 классы).

Анализ проводился по следующим критериям:

– раздел учебника, в котором рассматривается понятие «эвфемизм»;

– темы, в которых приводится теоретический и практический материал об эвфемизме;

– раскрывается ли понятие «эвфемизм» в теоретической части, дается ли определение данному понятию;

– упражнений, затрагивающих различные умения по работе с эвфемизмом.

УМК «Русский язык» Т.А. Ладыженской, М.Т. Баранова, Л.А. Тростенцовой реализует идею интегративного обучения языку и речи, предполагающего формирование лингвистической и коммуникативной компетенции с привлечением большого объема культурологических сведений.

Анализ учебников под редакцией Т.А. Ладыженской с 5 по 9 классы показал, что понятие эвфемизм ни в одном из учебников не рассматривается. Однако в 6 классе в параграфе «Ситуации общения» в теоретической части авторы говорят о том, что общение будет успешным, если мы будем «учитывать кому, когда, где, зачем, почему говорим или пишем». Но в параграфе прямо не говорится, что для успешности общения в некоторых ситуациях необходимо уметь «смягчать» информацию. И больше ни в одном из учебников данных авторов о «смягчении» речи не упоминается.

Однако нами выявлены ряд упражнений, которые в некоторой степени могут формировать эвфемистические способности школьников. Например, в 5 классе авторы в параграфе «Виды предложений по цели высказывания» в упражнении № 146 развивают у школьников умение с помощью интонации одним и тем же предложением выразить дружеский совет и настойчивое требование. В первой главе мы писали о том, что интонация выделяется исследователями в качестве средства эвфемизации речи [3].

В параграфе «Диалог» учащимся дается задание, посмотрев на картинку, составить диалог «В гостях у заболевшей одноклассницы». Изображенное на картинке позволяет неоднозначно оценить состояние и времяпрепровождение одноклассницы, что требует корректности и этичности при составлении диалога. Однако в задании к упражнению не говорится об этом, поэтому нельзя однозначно сказать, что это упражнение развивает умение использовать эвфемизмы [3].

В учебнике за 6 класс в параграфе «Употребление наклонений» дается задание, где школьников учат при помощи этикетных слов выражать свою просьбу в мягкой форме (упражнение № 562). При этом просят сравнить одну и ту же просьбу с этикетными словами и без этикетных слов. Рассмотрим подробно это упражнение на рис. 1.

Можно отнести это упражнение к упражнениям, развивающим эвфемистические способности, так как в задании говорится о мягкой форме просьбы. Ведь одна из основных функций эвфемизмов является «смягчение» высказывания и некоторые

ученые в классификации эвфемизмов выделяют этикетные [4].

В 9 классе Т.А. Ладыженская, М.Т. Баранов, Л.А. Тростенцова и др. в теории возвращаются к речевым ситуациям, изученным в 5 классе, и в параграфе «Стили речи» повторяют постулаты успешной речи: знать кому, о чем, где, когда, зачем, как сказать или написать. В данном упражнении авторы развивают эвфемистические способности учащихся, однако в задании это напрямую не обозначается [5]. Рассмотрим это упражнение на рис. 2.

УМК «Русский язык. Практика» А.Ю. Купаловой, А.П. Еремеевой, Г.К. Лидман-Орловой, С.Н. Пименовой, Ю.С. Пичуговой и др. содержит задачи и упражнения для закрепления нового и изученного с помощью различных приемов работы. Мы проанализировали учебники с 5 по 9 классы и выявили, что понятие эвфемизм также не рассматривается в учебниках данных авторов. Однако приводятся упражнения, целью которых является развитие умения употреблять в речи корректные, необидные выражения в соответствии с ситуацией.

Например, в учебнике за 5 класс, в параграфе «Главные члены предложения» (упражнение № 241), детям предлагается написать рекомендацию своему однокласснику или однокласснице на пост капитана волейбольной команды.

В параграфе «Историзмы, архаизмы и неологизмы» (упражнение № 770) автор предлагает задание составить поздравление маме (бабушке) в честь праздника 8 Марта, которое можно отправить на радио, написать в письме, в телеграмме, на открытке [6].

В учебнике за 8 класс в упражнении № 10 отрабатывается умение находить выражения с неодобрительной окраской и умение трансформировать выражения с соблюдением правил вежливости и уважения к собеседнику [7].

УМК «Русский язык. Русская речь» Е.И. Никитиной ставит своей задачей овладение устной и письменной речью. В аннотации к учебнику заявлено, что помимо обучения различным речевым умениям отрабатывается умение видеть образные средства языка и использовать их в своей речи.

Р 562. Используя «волшебные слова» *будьте добры, будьте любезны, не откажите, не смогли бы вы, пожалуйста,* выразите разными способами просьбу о том, чтобы: а) вам вернули книгу; б) закрыли двери. В каком случае вы более решительно выразили просьбу, а в каких она носила более мягкий характер? Обратите внимание на интонацию.

Образец. 1. *Возвратиться немедленно!* (*неопр. ф.*)
2. *Не могли бы вы возвратиться поскорее!* (*вежливое слово в усл. накл.*)
3. *Возвратись поскорее, пожалуйста!* (*повел. накл. и вежливое слово*)

Рис. 1. Упражнение № 562 из учебника «Русский язык», 6 класс, под редакцией Т.А. Ладыженской

Р 19. Прочитайте стихотворные строки Р. Уодиса. Что нужно знать, чтобы успешно общаться? Приведите примеры, показывающие, что при общении действительно нужно учитывать названные «шесть вещей».

Лишь шесть вещей должны вы знать,
И вам язык не враг,
Кому сказать, _____ (адресат)
О чём сказать, _____ (содержание)
Зачем, _____ (задача)
Когда, _____ (время)
И где, _____ (место)
И как. _____ (в каком стиле и в каком жанре)

Образец рассуждения. Конечно, важно знать, кому ты говоришь, с кем общаешься. Например, я по-разному буду просить отца и учительницу, чтобы они помогли мне решить задачу. Папе я скажу: «Пап, никак задача не получается. Помоги мне решить задачу по математике. Как только у тебя будет время...» А учительнице я скажу до урока: «Елена Сергеевна, извините. Я не смог решить задачу. Не знаю, что я сделал не так. Посмотрите, пожалуйста, моё решение. Где я допустил ошибку?»

Рис. 2. Упражнение № 19 из учебника «Русский язык», 9 класс, под редакцией Т.А. Ладыженской

При анализе учебников с 5 по 9 классы нами не выявлено изучение понятия эвфемизм и не выявлен теоретический материал по обучению использованию эвфемизмов в речи. Однако в некоторых учебниках УМК приводятся упражнения, в которых дети учатся подбирать уместные, вежливые выражения. Рассмотрим подробно упражнения.

В учебнике «Русский язык. Русская речь. 5 класс» Е.И. Никитиной в параграфе «Почему мы так говорим?» (упражнение № 249) ребятам предлагается прочитать отрывок из книги К.И. Чуковского «От двух до пяти», где приводится пример некорректной речи четырехлетнего ребенка. В задании к упражнению детям предлагается подумать, почему ребенок поставил в неловкое положение взрослых [8].

Е.И. Никитиной в 7 классе в параграфе «Порядок предложений в тексте. Порядок слов в предложении» приводится упражнение (№ 158), в котором нужно подобрать уместные слова, если хотите сказать добрые слова автору взволновавшей книги, газетной статьи, или хотите пригласить на школьное торжество учительницу, или поздравить с юбилеем, с праздником любимого учителя, родных, друзей, одноклассников [9].

В аннотации к УМК «Русский язык» С.И. Львовой, В.В. Львова написано, что линия учебников обеспечивает интенсивное развитие речевых, интеллектуальных, творческих способностей школьников, овладение общеучебными умениями. Учебник расширяет культурологический кругозор учащихся, обеспечивает поэтапную подготовку к экзаменам.

В учебниках С.И. Львовой, В.В. Львова за 5–9 класс нами не выявлено изучение эвфемизма. И только в учебнике за 5 класс нами найдено упражнение (№ 223), которое учит выявлять неуместные фразы в конкретной речевой ситуации, а именно на приеме у врача. Это упражнение дается в параграфе «Употребление в речи этикетных слов». Поэтому можно сказать, что данное упражнение не учит напрямую пользоваться эвфемизмами, а учит использовать этикетные слова. Тем не менее отчасти мы можем это упражнение отнести к эвфемистическим, так как эвфемизмы и этикетные слова имеют общую цель – сделать речь вежливой [10].

В УМК «Русский язык» М.М. Разумовской, С.И. Львовой и УМК «Русский язык» Р.Н. Бунеева, Е.В. Бунеевой в 5–9 классах понятие эвфемизм не рассматривается, теоретических сведений по изучаемому вопросу не представлено и упражнений, в той или иной степени развивающих умение использовать эвфемизмы в речи, нами не выявлено.

Далее мы рассмотрели учебники по русскому языку 10–11 классов по тем же критериям, что и учебники за 5–9 классы.

В УМК «Русский язык» Р.Н. Бунеева, Е.В. Бунеевой и др. (10–11 классы) приводится параграф «Причины коммуникативных неудач в устной речи» (с. 22). В параграфе подробно даются инструкции удачного общения и указываются причины неудачного общения. Основные рекомендации удачного общения связаны с тактичностью, вежливостью, но в параграфе не говорится о корректности речи, умении заменять невежливые, грубые выражения. Следовательно, обучение эвфемизмам в данном параграфе не осуществляется [11, 12].

В УМК «Русский язык и литература. Русский язык» С.И. Львовой, В.В. Львова (10–11 классы); УМК «Русский язык» А.Д. Дейкиной, Т.М. Пахновой (10–11 классы); УМК «Русский язык: Грамматика. Текст. Стили речи» А.И. Власенковой, Л.М. Рыбченковой (10–11 классы) понятие «эвфемизм» не рассматривается, нами не выявлены упражнения, развивающие корректность речи и не выявлен теоретический материал по исследуемой теме.

Далее мы изучили следующие пособия по русскому языку:

1. Г.Я. Солганик «Русский язык. 10–11 классы. Стилистика».

2. «Справочник по русскому языку. Практическая стилистика. Д.Э. Розенталь».

3. Л.В. Шустрова «Практическая стилистика русского языка» (учебное пособие для учащихся гимназий, лицеев и школ гуманитарного профиля).

4. Л.Н. Вьюшкова «Школьный курс русского языка: Учебное пособие для подготовительных отделений и курсов».

5. Д.Э. Розенталь, И.Б. Голуб «Секреты стилистики».

Однако ни одно из рассмотренных пособий не рассматривает понятие «эвфемизм», не приводится теоретический материал о корректности речи.

Заключение

Таким образом, проанализировав по определенным критериям учебники по русскому языку за 5–11 классы и учебные пособия, мы пришли к выводу, что ни в одном учебнике и пособии по русскому языку не приводится понятие «эвфемизм», не осуществляется обучение корректной речи, соответственно, не приводится теоретический материал и упражнения по обучению эвфемизмам. Однако в некоторых учебниках нами были выявлены упражнения, которые формируют вежливое, тактичное общение, но нельзя сказать, что эти упражнения фор-

мируют умение использовать эвфемизмы. Следовательно, можно сделать вывод, что на сегодняшний день обучение использованию эвфемизмов в учебниках и пособиях по русскому языку не осуществляется, поэтому есть необходимость создания системы упражнений по обучению эвфемизмам в школе.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (утвержден приказом Минобрнауки России от 17 декабря 2010 г. № 1897). [Электронный ресурс]. URL: window.edu.ru/resource/768/72768/files/FGOS_OO.pdf (дата обращения: 12.08.2019).

2. Примерная основная образовательная программа основного общего образования [Электронный ресурс]. URL: https://esu.citis.ru/dissertation/NPPLKB8MNHUG1DGQGZ9PDNY7 (дата обращения: 12.08.2019).

3. Русский язык. 5 класс: учебник для общеобразовательных учреждений. В 2 ч. [Т.А. Ладыженской, М.Т. Баранова, Л.А. Тростенцовой]. М.: Просвещение, 2012. 192 с.

4. Русский язык. 6 класс: учебник для общеобразовательных учреждений. В 2 ч. [Т.А. Ладыженской, М.Т. Баранова, Л.А. Тростенцовой]. М.: Просвещение, 2012. 192 с.

5. Русский язык. 9 класс: учебник для общеобразовательных учреждений. В 2 ч. [Т.А. Ладыженской, М.Т. Баранова, Л.А. Тростенцовой]. М.: Просвещение, 2012. 183 с.

6. Русский язык. Практика. 5 кл.: учебник / А.Ю. Купалова, А.П. Еремеева, Г.К. Лидман-Орлова и др.; под ред. А.Ю. Купаловой. 3-е изд., стереотип. М.: Дрофа, 2014. 270, [2] с.

7. Русский язык. Практика. 8 кл.: учебник для общеобразоват. учреждений / Ю.С. Пичугов, А.П. Еремеева, А.Ю. Купалова и др.; под ред. Ю.С. Пичугова. 18-е изд., стереотип. М: Дрофа, 2012. 268 с.

8. Русский язык. Русская речь. 5 класс: учебник для общеобразовательных учреждений / Е.И. Никитина. М.: Дрофа, 2012. 192 с.

9. Русский язык. Русская речь. 7 класс: учебник для общеобразовательных учреждений / Е.И. Никитина. М.: Дрофа, 2012. 160 с.

10. Русский язык. 5 класс: учеб, для общеобразоват. учреждений. В 3 ч. / С.И. Львова, В.В. Львов. 9-е изд., перераб. М.: Мнемозина, 2012.182 с.

11. Русский язык и литература. Русский язык. 10 кл.: учеб. для организаций, осуществляющих образовательную деятельность. Базовый и углублённый уровни / Р.Н. Бунеев, Е.В. Бунеева, Л.Ю. Комиссарова, З.И. Курцева, О.В. Чиндилова. Изд. 3-е, перераб. М.: Баласс, 2016. 352 с.

12. Русский язык и литература. Русский язык. 11 кл.: учеб. для организаций, осуществляющих образовательную деятельность. Базовый и углублённый уровни / Р.Н. Бунеев, Е.В. Бунеева, Л.Ю. Комиссарова, З.И. Курцева, О.В. Чиндилова. Изд. 3-е, перераб. М.: Баласс, 2016. 352 с.

УДК 376

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МИМИКИ И ИНТОНАЦИИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА

Тишина Л.А., Ермолова Д.П.

ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический университет», Москва, e-mail: tishinala@mgppu.ru

В статье затронута проблема развития мимических и интонационных средств передачи информации у детей с расстройствами аутистического спектра. В ходе сравнительного исследования, в котором приняли участие 30 детей школьного возраста: дети с расстройствами аутистического спектра, с умственной отсталостью и нормотипичные дети, – были изучены способности к пониманию, восприятию и передаче интонационных и кинетических средств общения. Основной этап экспериментального исследования содержал три блока заданий, которые были направлены на изучение возможностей распознавания и воспроизведения мимики, интонации и интонационно-мимических комплексов. 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 мимики и интонации, проявляющихся в нарушениях восприятия и воспроизведения паралингвистических компонентов обучающимися с расстройствами аутистического спектра. Кроме того, при обследовании воспроизведения интонационно-мимических комплексов было выявлено, что компоненты интонации сформированы в большей степени, чем мимика, что позволит использовать эти данные при построении коррекционной работы. Авторы предполагают, что результаты экспериментального исследования могут быть использованы для проектирования и реализации программы коррекционной работы в системе индивидуального и фронтального обучения.

Ключевые слова: расстройства аутистического спектра, интонация, мимика, интонационно-мимические комплексы, коммуникация детей с расстройствами аутистического спектра, эмоциональное развитие, просодика у детей с расстройствами аутистического спектра, выразительность речи детей с расстройствами аутистического спектра

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF FACIAL EXPRESSIONS AND INTONATION OF CHILDREN OF PRIMARY SCHOOL AGE WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS

Tishina L.A., Ermolova D.P.

Moscow State University of Psychology & Education, Moscow, e-mail: tishinala@mgppu.ru

The article touches upon the problem of development of mimic and intonation patterns of information transmission of children with autism spectrum disorders. The comparative study, which was attended by 30 school-age children (children with autism spectrum disorders, children with mental retardation and normodipine children), examined the ability to understand the perception and transmission of intonation and kinetic means of communication. The main stage of the experiment contained three blocks of tasks that were aimed at studying the possibilities of recognition and reproduction of facial expressions, intonation and intonation-mimic complexes. Quantitative and qualitative analysis of the results allowed to identify a number of significant features of the tasks in each of the surveyed groups of students. The results of the study allowed to expand the available data with new ideas about the specific features of facial expressions and intonation, manifested in violations of perception and reproduction of paralinguistic components of students with autism spectrum disorders. In addition, the study of reproduction of intonation-mimic complexes revealed that the components of intonation are formed to a greater extent than facial expressions, which will use these data in the construction of correctional work. The authors suggest that the results of the experimental study can be used for the design and implementation of the program of correctional work in the system of individual and frontal training.

Keywords: autism spectrum disorders, intonation patterns, facial expressions, intonation-mimic complexes, communication of children with autism spectrum disorders, emotional development, prosodics in children with autism spectrum disorders, expressiveness of speech of children with autism spectrum disorders

Широко известно представление о том, что с позиции психологии общение определяется как сложный процесс взаимодействия, посредством которого осуществляется обмен информацией. Как отмечают О.В. Батенькина, К.В. Иноземцева [1], О.С. Глухоедова, Л.А. Тишина [2], Г.Е. Крейдлин [3] и др., внешнее отражение эмоций, проявляющееся в виде мимического выражения, а также передача эмоционального подтекста в звучащей речи посредством интонации играют важную роль в коммуникативном взаимодействии, особенно у детей с ограниченными возможностями здоровья.

В современном обществе существует особая категория детей, которые испытывают значительные трудности в общении, – это дети с расстройствами аутистического спектра. Среди основных психолого-педа-

гогических расстройств, характеризующих структуру нарушений развития детей с аутизмом, следует отметить дефицитарность средств вербальной и невербальной коммуникации, трудности в понимании других людей и практическую невозможность и несостоятельность полноценного обмена информацией.

Трудности эмоционального развития обучающихся, проявляющиеся в повышенной возбудимости, пресыщаемости в контакте со средой и трудностях адаптации к новым условиям, по мнению Е.Р. Баенской, М.М. Либлинг, О.С. Никольской [4], приводят к нарушениям активного взаимодействия ребенка с окружающими. Я.Т. Багрий, А.П. Чуприков [5], С.В. Кучаева, И.Е. Свободина [6], О.С. Рудик [7], описывая клиническую картину аутизма, подчёркивают своеобразие движений и жестов, отдельно указывая на сложности в их имитации при обучении.

Проблема особенностей развития паралингвистических средств у детей с расстройствами аутистического спектра достаточно широко освещена в литературе, однако процесс диагностики, отбор критериев оценки и технологии формирования интонационной стороны речи и мимики изучен недостаточно. В контексте нашего исследования являлось актуальным изучение влияния особенностей эмоционального развития детей с расстройствами аутистического спектра на восприятие и воспроизведение мимики и интонации.

В связи с недостаточной разработанностью практических аспектов проблемы возникает потребность в разработке коррекционно-развивающей программы, направленной на развитие мимики и интонации. Нами было выдвинуто предположение о том, что применение научно и экспериментально обоснованных приемов работы, нацеленных на коррекцию кинетических и интонационных средств передачи информации, позволит более эффективно преодолевать проблемы коммуникации детей с расстройствами аутистического спектра.

Цель настоящего исследования определялась сравнительным анализом состояния интонации и мимики в различных вариантах их изучения у младших школьников с расстройствами аутистического спектра.

Материалы и методы исследования

В экспериментальном исследовании, которое носило сопоставительный характер, приняли участие 30 детей младшего школьного возраста 8–10 лет: экспериментальную группу (ЭГ) составили 10 детей с расстройствами аутистического спектра, группу сопоставительного анализа 1 (ГСА-1) – 10 детей с легкой степенью умственной отсталости, группу сопоставительного анализа 2 (ГСА-2) составили 10 школьников с нормотипичным развитием.

Констатирующий эксперимент состоял из двух этапов: 1 этап – основной – был посвящен исследованию развития мимики и интонации и включал три блока заданий; 2 этап – сопоставительный – включал сравнение данных констатирующего эксперимента, выявление и интерпретацию особенностей развития мимики и интонации у детей трех групп.

Первый блок был ориентирован на обследование мимики и содержал два направления: изучение возможности распознавания и возможности воспроизведения эмоций.

Для определения точности воспроизведения эмоций мы использовали схему мимических признаков В.А. Лабунской [8], которая была нами адаптирована с учётом индивидуальных возможностей и особенностей школьников, принимавших участие в исследовании.

Второй блок был нацелен на обследование интонации и содержал два направления: изучение восприятия интонации и изучение распознавания интонации.

Для оценки возможности воспроизведения интонации нами была выбрана методика Е.А. Лариной для оценки сформированности выразительного компонента чтения.

Третий блок был ориентирован на обследование интонационно-мимических комплексов и состоял из двух направлений: изучение способностей соотнесения мимики с интонацией и воспроизведению интонационно-мимических комплексов.

Для оценки воспроизведения интонационно-мимических комплексов нами был взят фрагмент диагностики интонационной стороны речи Е.А. Лариной [9].

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе результатов констатирующего эксперимента была получена развернутая характеристика особенностей мимики и интонации младших школьников.

Анализ качества выполнения заданий 1 блока обследования представлен на рис. 1.

Качественный анализ ответов школьников, ошибок и трудностей, возникших при выполнении заданий 1 блока, позволил выявить специфические особенности каждой группы.

Следует отметить, что узнавание эмоций радости, грусти и злости у школьников всех групп не вызывало сложностей. Характерной особенностью результатов школьников с расстройствами аутистического спектра стала большая, чем у детей с умственной отсталостью, трудность в опознавании эмоций удивления – испуга, при этом эмоции часто смешивались детьми, либо не назывались совсем.

Узнавание и называние эмоций по сюжетным картинкам удавалось детям с расстройствами аутистического спектра проще. При определении эмоций по картинкам школьники разных групп так же, как и с пиктограммами, практически не испытывали трудностей при определении эмоций

«радости – грусти», однако определение остальных эмоций вызвало определенные сложности у детей с расстройствами аутистического спектра.

Результаты выполнения задания на воспроизведение эмоций разнообразны по своим проявлениям в ЭГ и ГСА-1, однако среди детей с расстройствами аутистического спектра результаты крайне неоднородны. Следует отметить, что выражение эмоции радости детям не удавалось точно передать, сложной также оказалась передача «грусти»: уголки губ не опускались, форма глаз не менялась. Передача же эмоций испуга – удивления не удалась детям совсем. Таким образом, совокупность всех параметров, отражающих проявление эмоций, при выполнении заданий не отмечено ни у одного из школьников.

Анализ выполнения заданий первого этапа наметил типичные ошибки, встречающиеся в ответах детей первой и второй групп. Классификация ошибок и их распространенность представлены в табл. 1.

В результате обследования по 1 блоку заданий мы условно разделили всех детей на три группы по уровню сформированности мимики.

В группу с низким уровнем вошли школьники, результат которых при выполнении заданий первого этапа составил от 0 % до 33 % и которые испытывали большие затруднения в определении и назывании эмоций по картинкам и пиктограммам. Не менее сложным для детей оказалось выполнение задания на воспроизведение эмоций: большинство детей не могли изобразить ни одной эмоции, некоторым удавалось уловить отдельные черты, присущие той или иной эмоции. Данную группу составили: 1 школьник ЭГ и 1 школьник ГСА-1.

Группу со средним уровнем сформированности мимики с результатами от 34 % до 66 % составили школьники, которые могли самостоятельно определить и назвать лишь некоторые эмоции и при помощи экспериментатора могли распознать остальные. Воспроизведение эмоций далось этим детям проще, чем детям первой подгруппы: отдельные признаки, указывающие на ту или иную эмоцию, были показаны детьми, но в целом ни один школьник не отразил всей совокупности признаков необходимой эмоции. В составе этой группы оказались 9 детей ЭГ, 7 детей ГСА-1 и 1 школьник ГСА-2.

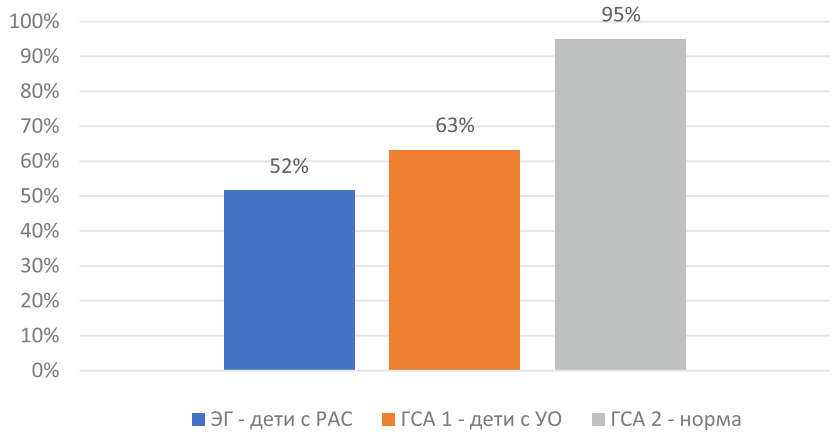


Рис. 1. Результаты выполнения заданий 1 блока

Таблица 1

Классификация ошибок, допущенных школьниками трех групп при выполнении заданий первого блока

Наименование ошибки	ЭГ		ГСА-1		ГСА-2	
	кол-во ошибок	в %	кол-во ошибок	в %	кол-во ошибок	в %
Отказ от выполнения, проявление негативного поведения	3	20	–	–	–	–
Отсутствие ответа	3	20	2	20	1	25
Смешение ответов	5	33,3	4	40	3	75
Бесцельное перечисление разных вариантов ответа	4	26,6	4	40	–	–
Общее количество ошибок	15	100	10	100	4	100

К группе с высоким уровнем сформированности мимики были отнесены дети, набравшие по результатам обследования от 67% до 100%, которые могли самостоятельно определить и назвать на картинках и пиктограммах эмоции, а при воспроизведении мимики отражали все признаки, указывающие на определенную эмоцию. Среди детей этой группы 2 школьника ГСА-1 и 9 школьников ГСА-2. Эти данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сопоставительный анализ уровня развития способности к пониманию и применению мимики младшими школьниками

Группа	Уровень восприятия и воспроизведения мимики		
	низкий	средний	высокий
	кол-во детей	кол-во детей	кол-во детей
ЭГ	1	9	-
ГСА-1	1	7	2
ГСА-2	–	1	9

Анализ качества выполнения заданий 2 блока представлен на рис. 2.

При выполнении заданий на распознавание и воспроизведение интонации школьниками трех групп были замечены некоторые особенности.

Нормотипичные дети безошибочно самостоятельно могли назвать эмоции после прослушивания прозаического отрывка. Результаты выполнения заданий на распознавание интонации в эмоционально насыщенном прозаическом отрывке школьниками с расстройствами аутистического спектра выявили однообразие ответов: в большинстве случаев они называли только одну-две эмоции из содержащихся в рассказе пяти эмоциональных состояний, в отличие от детей с умственной отсталостью, называвших две-три эмоции.

Дети ГСА-2 сумели передать эмоции при самостоятельном чтении, в отличие от детей с расстройствами аутистического спектра, которые при выполнении задания на воспроизведение интонации при чтении рассказа проявили невозможность передачи эмоциональной составляющей. При чтении общими для школьников явились следующие трудности: монотонное чтение, без понижений-повышений интонации, с одинаковой скоростью, без увеличений-уменьшений громкости голоса, без соблюдения знаков препинания. Отметим, что школьники с умственной отсталостью испытывали крайнее затруднение при выполнении задания, поскольку у четырех из десяти детей не сформирована техническая сторона навыка чтения, что не позволило нам в полной степени оценить воспроизведение интонации.

Наименование ошибок, допущенных детьми в процессе выполнения заданий 2 блока, и их распространенность представлены в табл. 3.

В результате обследования по 2 блоку заданий мы условно разделили всех детей на группы по степени сформированности интонации.

В группу с недостаточной степенью сформированности интонации, вошли дети набравшие от 0% до 33%, которые при выполнении заданий на восприятие интонации не сумели соотнести интонацию с картинкой и на слух не определили эмоции в прозаическом отрывке. Воспроизвести необходимую интонацию при самостоятельном чтении школьникам данной группы не удалось. В эту группу вошли 2 детей ЭГ и 1 ребенок из ГСА 1.

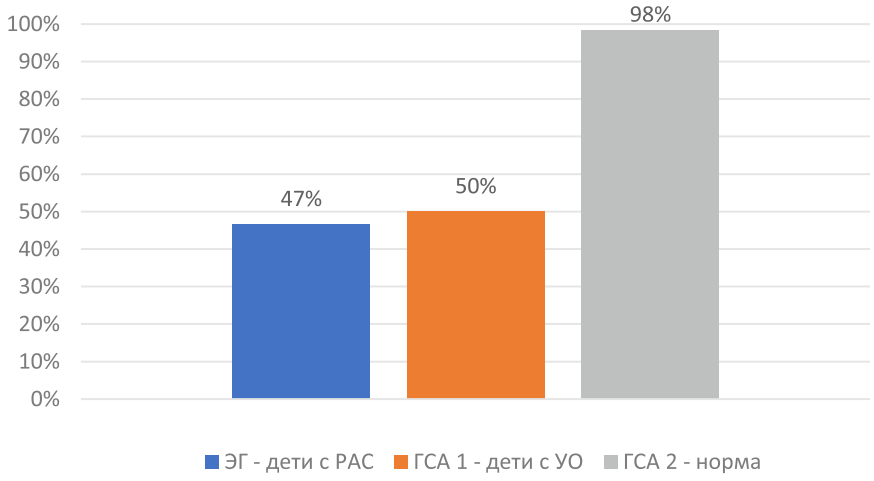


Рис. 2. Результаты выполнения заданий 2 блока

Таблица 3

Классификация ошибок, допущенных школьниками трех групп при выполнении заданий второго блока

Наименование ошибки	ЭГ		ГСА-1		ГСА-2	
	кол-во ошибок	в%	кол-во ошибок	в%	кол-во ошибок	в%
Отказ от выполнения, проявление негативного поведения	3	42,8	–	–	–	–
Несформированность навыка чтения	–	–	4	67	–	–
Бесцельное перечисление разных вариантов ответа	4	57,2	2	33	–	–
Общее количество ошибок	7	100	6	100	–	–

Школьникам другой группы с достаточной степенью сформированности интонации, результат которых составил от 34% до 66%, частично удавалось соотносить интонацию с картинкой и определять некоторые эмоции из прочитанного прозаического отрывка. При чтении детям периодически удавалось передать эмоцию интонационными средствами, однако некоторые эпизоды при чтении оставались без эмоционального прочтения. Такую группу составили 8 детей ЭГ и 9 детей ГСА 1.

Дети из группы со значительной степенью сформированности интонации с итоговым результатом от 67% до 100% не испытывали затруднений ни при распознавании интонации, ни при воспроизведении ее при самостоятельном прочтении. Эта группа состояла только из детей ГСА-2 в количестве 10 человек. Данные отражены в табл. 4.

Таблица 4

Сопоставительный анализ степени развития способности к пониманию и применению интонации младшими школьниками

Группа	Степени восприятия и воспроизведения интонации		
	недостаточная	достаточная	значительная
	кол-во детей	кол-во детей	кол-во детей
ЭГ	2	8	–
ГСА-1	1	9	–
ГСА-2	–	–	10

Анализ качества выполнения заданий 3 блока представлен на рис. 3.

В процессе выполнения заданий третьего блока нами были выявлены некоторые характерные особенности.

При соотнесении междометия с пиктограммой нормотипичные дети безупречно справились с выполнением задания, легко и быстро определяя по интонации нужную пиктограмму.

Результаты школьников с умственной отсталостью и расстройствами аутистического спектра оказались похожими: в целом дети справились с заданием достаточно легко, несколько детей спутали интонации удивления и интонации испуга, при этом дети с расстройствами аутистического спектра испытали также сложности в определении эмоции злости, а несколько детей не сумели определить эмоции совсем.

При выполнении задания на воспроизведение интонационно-мимических комплексов у школьников ГСА-2 не возникло затруднений, в отличие от детей других групп. В выполнении задания детьми с умственной отсталостью была проявлена неоднородность: школьники чаще всего передавали только один из компонентов интонационно-мимического комплекса. Впрочем, ни одному школьнику с расстройством аутистического спектра не удалось полноценно отразить комплексы. При этом дети либо не могли показать комплекс полностью, отражая лишь один из элементов, либо не сумели ничего передать, не отражая эмоцию лицом и монотонно повторяя слово за экспериментатором.

При выполнении задания на воспроизведение интонационно-мимических комплексов нас интересовало, какой из компонентов в диаде «интонация – мимика» сформирован лучше, для чего проанализировали результаты выполнения второго задания школьниками ЭГ и ГСА-1 и отразили данные в табл. 5.

Как мы видим, передача интонации сформирована в большей степени, чем передача мимики, что, на наш взгляд, свидетельствует о том, что речевая имитация детей развита лучше, чем мимическая, что позволит использовать эти сведения при построении модели коррекционного обучения.

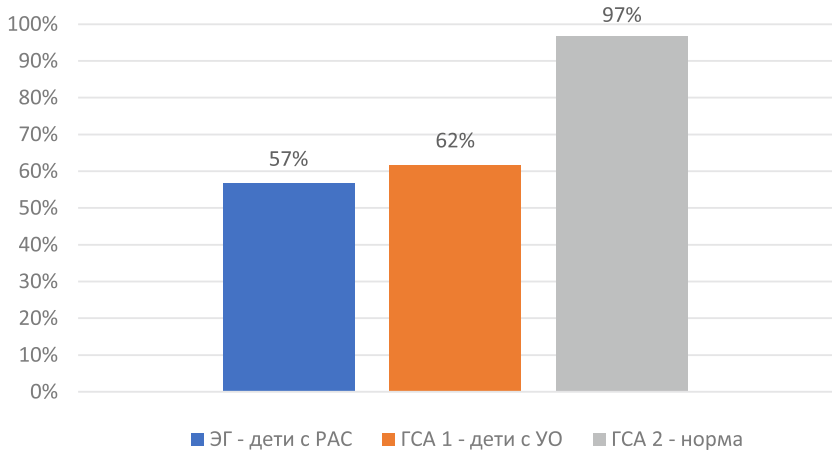


Рис. 3. Результаты выполнения заданий 3 этапа

Таблица 5

Соотношение способности пользования компонентами интонационно-мимического комплекса

Компонент комплекса	Владеют компонентом комплекса		Не владеют компонентом комплекса	
	ЭГ	ГСА-1	ЭГ	ГСА-1
Интонация	4	6	6	4
Мимика	1	–	9	10

Выводы

Результаты проведенного исследования демонстрируют наличие характерных особенностей развития мимики и интонации у детей с расстройствами аутистического спектра:

– во-первых, трудности при распознавании и самостоятельном воспроизведении эмоций, а именно: не способны по картинкам и пиктограммам определить и назвать эмоции, при самостоятельном показе эмоций в целом не воспроизводят нужную мимику;

– во-вторых, затруднения при распознавании и воспроизведении интонации, а именно: путаются при определении эмоций в прозаическом тексте, а при самостоятельном чтении не могут передать эмоции посредством интонации;

– в-третьих, сложности в восприятии и воспроизведении интонационно-мимических комплексов: затрудняются при сопоставлении мимики и интонации конкретной эмоции, а при показе, как правило, не могут продемонстрировать комплекс целиком, либо воспроизводят только один из двух компонентов комплекса.

Полученные данные свидетельствуют о наличии зависимости между эмоциональным развитием детей и сформированностью мимики и интонации у детей школьного возраста.

Мы выяснили, что процесс передачи интонации сформирован в большей степени, чем процесс передачи мимики. Предполагаем, что нами были обнаружены новые данные по проблеме исследования и его результаты позволили расширить представления о формировании паралингвистических компонентов у детей с расстройствами аутистического спектра. На наш взгляд, полученные результаты экспериментального исследования могут послужить основой для разработки комплексной модели коррекционной работы, направленной на формирование мимики и интонации, что позволит детям с расстройствами аутистического спектра эффективнее преодолевать трудности в адаптации и общении, существенно пополнят спектр практико-ориентированных направлений работы по развитию коммуникативных навыков, а также дополнят методические рекомендации в вопросах формирования навыков выразительного чтения обучающихся с расстройствами аутистического спектра.

Список литературы

1. Батенькина О.В., Иноземцева К.В. Метод распознавания эмоций детей дошкольного возраста с использова-

нием мимических выражений // Омский научный вестник. 2017. № 6. С. 146–150.

2. Глухоедова О.С., Тишина Л.А. Формирование речи неговорящих детей на ранних этапах коррекционного воздействия // Педагогика. 2014. № 10. С. 53–58.

3. Крейдлин Г.Е. Невербальная семиотика: Язык тела и естественный язык. М.: Новое литературное обозрение, 2002. 592 с.

4. Баенская Е.Р., Либлинг М.М., Никольская О.С. Дети с нарушениями общения: Ранний детский аутизм. М.: Просвещение, 1989. 95 с.

5. Багрий Я.Т., Чуприков А.П. Клинические характеристики расстройств спектра аутизма // Цунами детского аутизма: медицинская и психолого-педагогическая помощь. Под общей ред. А.П. Чуприкова. М.: Гнозис, 2017. 392 с.

6. Кучаева С.В., Свободина И.Е. Формирование лексико-семантического понимания и эмоционального восприятия текста у детей с аутизмом // Аутизм и нарушения развития. 2011. № 3 (34). С. 13–29.

7. Рудик О.С. Коррекционная работа с аутичным ребенком. М.: Издательство ВЛАДОС, 2017. 189 с.

8. Лабунская В.А. Невербальное поведение: структура и функции. Ростов н/Д.: Изд-во Ростов. ун-та, 1986. С. 5–35.

9. Ларина Е.А. Скрининг-диагностика интонационной стороны речи у детей младшего школьного возраста: учеб.-метод. пособие. Хабаровск: Изд-во Дальневосточ. гос. гуманит. ун-та, 2011. 142 с.

УДК 378:37.06

СУЩНОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕГРАТИВНОГО ПОДХОДА К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ

Ульянова И.В.

ФГКОУ ВО «Московский университет Министерства внутренних дел Российской Федерации им. В.Я. Кикотя», Москва, e-mail: www.mosu-mvd.com

Длительное культивирование в отечественной системе образования компетентностного подхода в настоящее время провоцирует очевидное пренебрежение к разработанным и успешно апробированным в советский период подходам: деятельностному, личностно-ориентированному, средовому, культурологическому и другим. В настоящее время данный факт во многом влияет на стагнацию развития современного педагогического знания, гуманитарного образования. Значительная когорта ученых, выявив это, обосновывает в своих публикациях реализацию принципа дополнительности, который позволяет расширить актуальный спектр подходов к подготовке специалистов. Особую актуальность указанная проблема приобретает в процессе подготовки студентов образовательных организаций высшего образования педагогического профиля в связи с необходимостью содействовать им не только в овладении профессиональными компетенциями, но и в личностном становлении, в совершенствовании морально-нравственной сферы. По мнению автора, именно интегративный подход обусловливает реальную возможность решать указанные задачи. Вместе с тем выявляется необходимость понимания феномена интеграции более масштабно в силу его значимости. В итоге сущностная интеграция понимается как многоуровневое явление; это: интеграция актуальных подходов (принципов) к образовательному процессу; интеграция теории и практики; интеграция обучения – воспитания – профессиональной деятельности; интеграция сфер личности обучающегося.

Ключевые слова: интегративный подход, профессиональная подготовка, студенты, педагогическое образование, педагогика смысложизненных ориентаций

THE ESSENTIAL CHARACTERISTIC OF AN INTEGRATIVE APPROACH TO PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS

Ulyanova I.V.

Moscow University of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation to them V. Kikot, Moscow, e-mail: www.mosu-mvd.com

Cultivation of a long period of time in the domestic system of education competence approach currently provokes an obvious disregard for the developed and successfully tested in the Soviet period approaches: activity, personality-oriented, environmental, cultural and others. Currently, this fact largely affects the stagnation of the development of modern pedagogical knowledge, humanitarian education. A significant cohort of scientists, revealing this, substantiates in their publications the implementation of the principle of complementarity, which allows to expand the current range of approaches to training. This problem becomes particularly relevant in the process of training students of educational institutions of higher education of pedagogical profile in connection with the need to assist them not only in mastering professional competencies, but also in personal development, in improving the moral sphere. According to the author, it is the integrative approach that provides a real opportunity to solve these problems. At the same time, the need to understand the phenomenon of integration on a larger scale due to its importance is revealed. As a result, the essential integration is understood as a multi-level phenomenon; it is: the integration of current approaches (principles) to the educational process; the integration of theory and practice; the integration of training-education-professional activities; the integration of personal spheres of the student.

Keywords: ntegrative approach, professional training, students, pedagogical education, pedagogy of life orientations

В последние годы в отечественных научных источниках появляется все больше публикаций, связанных с проблемой узости компетентностного похода для решения задач в сфере высшего образования. Данный факт говорит о том, что фиксируется своего рода период стагнации на уровне педагогической теории и практики, самой системы образования. Вместе с тем следует заметить, что компетентностный подход сам по себе весьма значим для профессиональной подготовки обучающихся, в том числе для будущих педагогов. Именно он обусловливает практико-ориентированный аспект освоения профессии. Однако абсолютизация компетнтностного подхода в ущерб другим подходам во многом ограничивает становление будущего специалиста, ибо в нем очевидно пренебрежение к личностному потенциалу обучающихся. Тогда как в системе подготовки кадров для сферы образования особенно важен морально-нравственный, социально ориентированный ресурс специалистов, который необходимо развивать и укреплять в течение всего периода обучения студентов в вузе.

В статье отражены результаты компаративистского анализа научных трудов, тематически связанных с вопросами инноватики в системе высшего образования, компетентностного и других подходов к педагогическому процессу. Наряду с этим предложен

интегративный подход к организации подготовки студентов – будущих педагогов к профессиональной деятельности, который обладает унифицированными характеристиками и может быть использован в процессе подготовки всех субъектов в системе высшего образования.

Так, в журнале «Педагогика» в статье А.Н. Джуринского «Идеи монокультурного образования: проблемы и риски» анализируются основные идеи и концепции монокультурного образования (именно оно настойчиво навязывается российскому социуму в контексте глобализации образования). Автор подчеркивает риски для демократического образования в виде идей и концепций ассимиляции и этноцентризма, рассматривает возможности идей этнокультурного образования для обоснования теории и практики межнационального диалога в обучении и воспитании [1].

Р.Б. Ермолаев, К.В. Романов указывают на то, что нынешние педагоги все в большей мере ориентируемы на такие философские течения, как инструментализм, прагматизм, что, в свою очередь стимулирует внимание к антигуманизму, трансгуманизму. Тогда как подлинная забота обо всех субъектах образовательного пространства неразрывно связана с развитием и реализацией гуманистического конструктивного реализма – именно благодаря ему сохраняется возможность реализовывать нравственное воспитание подрастающего поколения, содействовать ему в освоении модели нравственного выбора. В данном контексте ученые предлагают актуализировать в педагогической практике феномен педагогической инициации (побуждения) как элемент культурной инновации [2].

Л.Л. Тимофеева указывает на необходимость обучения в области безопасности дошкольников, школьников прежде всего, на основе интеграции культурологического, системного, исторического и аксиологического подходов [3].

В свою очередь, в журнале «Высшее образование в России» в последние годы авторы все активнее разворачивают критический дискурс, во многом связанный с проблемами утраты самостоятельности отечественным высшим образованием, подражательности, отхода от богатых национальных традиций.

В частности, В.С. Сенашенко, А.А. Макарова, подчеркивая гибридное смешение образовательных моделей в XXI в., «насильственное внедрение зарубежных образовательных конструкций в отечественную образовательную среду высшей школы», обращают внимание на необходимость инверсии существующих приоритетов: следует не российское образование «вписывать» в формат европейского, а наоборот, рационально и целесообразно включать актуальные новации в отечественный образовательный дискурс. «Вместо того чтобы в новых условиях определиться с гарантиями качества высшего образования на национальной основе, как это сделали страны Западной Европы, разработав соответствующие рекомендации, Россия ещё до подписания Болонской декларации приступила к изменению структуры высшего образования, принципов формирования основных образовательных программ высшей школы» [4, с. 6]. Для коррекции создавшейся ситуации необходимо ориентироваться на принцип дополнительности [4, с. 39].

Продолжая данные размышления, Л.С. Гребнев объясняет вхождение отечественной системы высшего образования в Болонский процесс экономическими причинами, – мол, была предпринята попытка сокращения бюджетного финансирования системы образования за счет перехода к двухуровневой структуре в условиях неблагоприятного сочетания демографических и финансовых условий на рубеже тысячелетий. Однако, несмотря на определенные достоинства европейского проекта (например, горизонтальные связи университетов), автор подчеркивает значимость отечественных традиций образования [5].

Опасная по своей сути статистика, приведенная в статье Д.А. Севостьяновым, А.Р. Гайнановой [6] на основе проведенного исследования, раскрывает острую проблему гражданского, нравственного воспитания современного студенчества. «Особое значение придавалось выявлению инверсий в мотивационной иерархии, отношениям между узкими и широкими социальными мотивами. В частности, было выявлено, что узкие социальные мотивы, связанные с личным и/или семейным благополучием, решительно преобладают в целеполагании студентов над широкими социальными мотивами, а также над мотивами познавательными и исследовательскими. В данном случае имеет место инверсия, в результате которой просоциальные мотивы уступают мотивам эгоистическим, что внушает определённую тревогу» [6, с. 43]. Представленные выводы подчеркивают девальвацию в образовательном процессе высшего образования личностно ориентированного, аксиологического подходов.

А.С. Роботова в статье «Педагогический оптимист или педагогический пессимист: кто я?» побуждает к критическому анализу используемой сегодня педагоги-

ческой терминологии, обращая внимание на «часто беспредельно субъективистское толкование ряда педагогических понятий как необходимых элементов системы педагогического языка» [7, с. 2], на необходимость объективации понятийного аппарата педагогики, критического анализа лексикона, задаваемого Болонским процессом, ибо существующее положение вещей ведет к хаосу в науке. Автор тревожится по поводу наблюдаемого гуманитарного кризиса, бесконечного появления новомодных трендов – сегодня «в стороне, без ответа остаются многие вопросы, связанные с пониманием сущности инноваций: Кто может быть автором (творцом) инноваций? Каково соотношение между индивидуальными (авторскими) и коллективными инновациями? Есть ли пределы и ограничения для педагогических инноваций? И какова жизнь инноваций? Каков их возможный жизненный цикл?». Сегодня «никто не пишет об осторожности при внедрении новшеств, о том, что порождаемая ими интенсивность процессов может усилить усталость учащих и учащихся. Не пишут о возрастном подходе в инновационных процессах, о возможных рисках обновлений, об амбивалентности инноваций» [7, с. 3].

В целом можно фиксировать факт того, что в настоящее время на фоне масштабных политических трансформаций в мире во многом происходит переосмысление и тех сугубо подражательных тенденций в области высшего образования, которые были свойственны России постсоветского периода. В частности, сегодня (с учетом некритичного калькирования положений Болонской декларации, 2003) выявляется утилитарная, преимущественно прикладная заданность подготовки специалистов, а также в определенной мере узость компетентностного подхода к профессиональному обучению, в том числе и специалистов педагогического профиля. В связи с этим реализация положений ФГОС ВО в образовательном процессе, с одной стороны, требует стимулирования практического аспекта подготовки обучающихся с учетом опыта развитых стран, с другой стороны, – направляет научно-педагогическое сообщество на расширение образовательного контекста вузов за счет уникальных традиций отечественной педагогики (некоторое время пребывающих в абсолютном забвении).

Преодолевая эту все более четко проявляющуюся тенденцию к радикальному копированию западных образцов, нацеливаясь на подготовку будущего педагога как высококультурную, нравственную, ответственную, патриотичную личность, а не человека-функционера, в настоящее время назрела необходимость обращения к интегративному (от лат. *integratio* восстановление, восполнение, от *integer* целый) подходу в организации образовательного пространства. Именно на основе интеграции (как социально-педагогической мобилизации всех актуальных ресурсов образовательной организации высшего образования) появляется реальная возможность для качественной профессионально-личностной подготовки обучающихся.

Сущностная интеграция понимается нами как многоуровневое явление; это:

– интеграция актуальных подходов (принципов) к образовательному процессу;

– интеграция теории и практики;

– интеграция обучения – воспитания – профессиональной деятельности;

– интеграция сфер личности обучающегося.

Кратко рассмотрим каждый из уровней. *Интеграция актуальных подходов (принципов) к образовательному процессу* ориентирует педагога, преподавателя на реализацию целостного педагогического процесса (П.Ф. Каптерев, В.А. Сластенин и др.), отражающего диалектику отношений частного и общего, обеспечивающего *системность* как общенаучную детерминанту подготовки специалиста. На наш взгляд, в системе высшего образования педагогической направленности в начале XXI в. приоритетными являются следующие подходы: деятельностный (А.Н. Леонтьев и др.), личностно ориентированный (И.С. Якиманская и др.), культурологический (Е.В. Бондаревская и др.), компетентностный (И.А. Зимняя и др.), контекстный (А.А. Вербицкий и др.), средовой (Ю.С. Манулов и др.), смысложизненноориентационный (И.В. Ульянова и др.). Их характеристики широко представлены в трудах отечественных и зарубежных ученых (преимущественно прошлого века; нынешний век, как показывает сравнительный анализ, для системы образования, педагогики – время комбинаторики). Вместе с тем смысложизненноориентационный подход – явление достаточно новое, зародившееся уже в постсоветский период, в начале XXI в., когда в общественной жизни россиян постепенно стали проявляться признаки постиндустриального общества, философии постмодернизма – крайне агрессивной по отношению к человеку (особенно к ребенку). Данный подход опирается на методологические положения педагогики смысложизненных ориентаций (И.В. Ульянова).

Указание на *интеграцию теории и практики* требует выверенного баланса между академическими знаниями и прикладной

деятельностью будущего специалиста. Крен в ту или другую сторону – всегда ситуация риска, опасности, что доказано многочисленными педагогическими экспериментами различных эпох (если в отечественном образовании к настоящему времени фиксировался дефицит практики, то в западноевропейском – недостаток фундаментальности, научности). В системе подготовки будущих педагогов важен дифференцированный подход к организации образовательного процесса различных направлений подготовки в силу их самобытности. Вместе с тем именно традиция фундаментальной подготовки личности на общегуманитарной основе любой специальности в советский период доказала эффективность формирования в учебно-воспитательном процессе высокопрофессиональной и морально зрелой, устойчивой личности.

В данном контексте вызывает определенное беспокойство массово низкий уровень элементарных философских знаний первокурсников (которые должны были быть освоены в школе во время изучения учебной дисциплины «Обществознание» и без которых невозможно осмыслять вопросы типа «философия образования», «сущность педагогической парадигмы»). В связи с этим возникает острая необходимость компенсировать данный пробел уже в первый год обучения. Это возможно сделать благодаря двум условиям:

1) актуализации вопросов философии в процессе освоения студентами «Общих основ педагогики»;

2) акцентирования роли педагогического знания в процессе изучения «Философии».

Касаясь первого условия, рекомендуется подчеркнуть важность разграничения гуманитарных наук, одновременно учитывая при этом тесную связь педагогики с широким спектром других научных областей. Благодаря этому, как убедительно показала многолетняя практика, вполне уместно студентам будет сделать (по рекомендации преподавателя) небольшие доклады, сообщения соответствующего содержания. Например, разворачивая парадигмальный дискурс, преподаватель особое внимание уделяет гуманистической педагогической парадигме, которая в постсоветский период развития российского общества проявляет деструктивные тенденции. На основе анализа данной проблематики во время семинарского занятия студентам рекомендуется обосновать опору гуманистической педагогической парадигмы на синтез таких философских течений, как светский гуманизм (В.А. Кувакин, В.Г. Федотова, В.Ф. Цанн-кай-си), диалектический материализм (Э.В. Ильенков, К. Маркс и др.) и позитивный экзистенциализм (Н. Аббаньяно, В. Франкл, М. Хайдеггер и др.).

Учитывая второе условие, в образовательном процессе следует усилить взаимодействие между преподавателями кафедр, когда в процессе изучения философии, психологии (которые будущим педагогам целесообразно освоить на первом курсе в качестве гуманитарного базиса) на лекциях, семинарах ситуативно рассматриваются вопросы, примеры педагогического содержания.

Интеграция обучения – воспитания – профессиональной деятельности – это потенциальная возможность ослабить противоречия как между различными видами деятельности студентов, так и подразделениями, отделами самой образовательной организации. В настоящее время значительная часть обучающихся указывает на несогласованность указанных аспектов образовательного процесса, что, в свою очередь, порождает дезадаптацию, формализм, пессимизм, снижает учебную мотивацию и проч. Эффективными методами усиления интеграции обучения, воспитания и профессиональной деятельности (точнее – квазипрофессиональной) обучающихся являются рефлексивные элементы занятий, самопрезентации студентов, дидактические игры типа кейсинга, квеста, обращение к произведениям искусства, массовое участие обучающихся в научно-исследовательской деятельности, дискуссиях, диспутах и проч. Все это позволит студентам с первого курса осваивать квазипрофессиональную позицию и совершенствовать собственную личность, нацеливаясь на самовоспитание. Также, задолго до учебной практики, с первого курса, студенты должны обретать первичный опыт взаимодействия с несовершеннолетними. К сожалению, систематически проводимые среди студентов опросы раскрывают тревожные сигналы в данной сфере, ибо этот организационный аспект сегодня крайне формализован, отягощен массой бюрократических препятствий. Тем не менее мотивированные преподаватели кафедр педагогики нередко изыскивают возможности заключать договоры с образовательными организациями дошкольного, среднего образования на предмет сотрудничества, благодаря чему появляется возможность полноценного погружения студентов в педагогическую среду.

Интеграция сфер личности обучающегося представляет собой заботу самого обучающегося о собственном самосовершенствовании, а также внимание преподавателей, кураторов к гармоничному разви-

тию студентов, когда разум – чувства – воля человека оцениваются и как единое целое, и как структурные компоненты психики. Столь же важен в данном плане семантический подход к личности (Н.И. Шевандрин), раскрывающий в ней потребностно-мотивационную, эмоционально-волевую, коммуникативную, когнитивную, деятельностную, морально-нравственную, экзистенциальную сферы и стимулирующий педагогический коллектив на развитие всех аспектов индивидуальности будущего специалиста.

Заключение

Таким образом, подводя итог вышесказанному, можно отметить, что реализуемые в настоящее время ФГОС ВО, не будучи еще полноценно воплощенными в российскую систему образования, уже в некоторой степени устарели, нуждаются в дополнительных положениях, своего рода реновациях, обусловленных, прежде всего, требованиями времени, социальным заказом российского общества, актуальными позитивными отечественными традициями в теории и практике педагогики, в подготовке кадров в педагогической сфере. Возможность уточнения, расширения методологии современного научного педагогического знания с учетом национальных традиций, при сохранении базового минимума ФГОС ВО, вполне правомерна и реальна.

Список литературы

1. Джуринский А.Н. Идеи монокультурного образования: проблемы и риски // Педагогика. 2016. № 6. С. 16–26.

2. Ермолаев Р.Б., Романов К.В. Культурные инновации как проблема современного образования // Педагогика. 2019. № 05. С. 55–64.

3. Тимофеева Л.Л. Закономерности развития системы обучения в области безопасности // Педагогика. 2019. № 05. С. 65–75.

4. Сенашенко В.С., Макарова А.А. Образовательные гибриды в высшем образовании России // Высшее образование в России. 2018. № 8–9. С. 24–42.

5. Гребнев Л.С. Нынешний раунд Болонского процесса: Россия и не только… (по работам В.И. Байденко и Н.А. Селезнёвой) // Высшее образование в России. 2018. № 1 (219). С. 5–18.

6. Севостьянов Д.А., Гайнанова А.Р. Целеполагание современных студентов: инверсивный анализ // Высшее образование в России. 2019. № 7 (219). С. 43–53.

7. Роботова А.С. Педагогический оптимист или педагогический пессимист: кто я? // Высшее образование в России. 2017. № 10 (216). С. 39–46.

УДК 372.862

НЕКОТОРЫЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН ИЗ ОБЛАСТЕЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ В СОВРЕМЕННОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Фокин Р.Р.

ФГКВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», Санкт-Петербург, e-mail: rrfokin@yandex.ru

Статья адресована преподавателям математики, информатики, технических и психолого-педагогических наук, соискателям ученых степеней по указанным научным направлениям, всем интересующимся проблемами методики преподавания математики и информатики в современной высшей школе. Статья обобщает многолетний педагогический опыт работы в высшей школе автора статьи и его коллег, а также психолого-педагогические исследования и психолого-педагогические эксперименты на студентах с целью обоснования эффективности внедрения в учебный процесс вузов новых методик обучения, в которых участвовал автор статьи. Обсуждаются проблемы обучения современных студентов математике и информатике. По мнению автора, дисциплины из областей математики и программирования являются наиболее трудными для изучения не только студентами гуманитарных и социально-экономических специальностей, но также и студентами физико-математических, технических, естественнонаучных специальностей. Для объяснения и решения соответствующих проблем используется теория межполушарной асимметрии мозга. Эксперименты автора (проведенные несколько раз в 1990–2010 гг.) выявляют существенное преобладание доли правополушарных студентов над всеми остальными типами даже среди будущих специалистов в областях математики, физики, информатики. Причем эта доля по времени заметно растет. Современные методики обучения математике и программированию в большинстве случаев рассчитаны на левополушарных студентов. Правополушарные студенты нуждаются в других методиках обучения. Отсюда пути решения указанных выше проблем.

Ключевые слова: методика обучения, математика, информатика, межполушарная асимметрия мозга, психолого-педагогический эксперимент, статистика

SOME OF THE PSYCHOLOGICAL AND STATISTICAL ASPECTS OF TEACHING DISCIPLINES OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE IN THE MODERN HIGHER SCHOOL

Fokin R.R.

Federal State Public Military Institution of Higher Education «Military space Academy named after Mozhaiskiy», Saint-Petersburg, e-mail: rrfokin@yandex.ru

The article is addressed to teachers of mathematics, computer science, technical and psychological-pedagogical Sciences, applicants for degrees in these scientific areas, all interested in the problems of methods of teaching mathematics and computer science in modern higher school. The article is the result and generalizes many years of pedagogical experience in the higher school of the author and his colleagues, as well as psychological and pedagogical research and psychological and pedagogical experiments on students in order to justify the effectiveness of the introduction of new teaching methods in the educational process of universities, in which the author participated. The problems of teaching modern students mathematics and computer science are discussed. According to the author, the disciplines of mathematics and programming are the most difficult to study not only students of Humanities and socio-economic specialties, but also students of physical and mathematical, technical, natural Sciences. The theory of hemispheric brain asymmetry is used to explain and solve the corresponding problems. The author's experiments (conducted several times in 1990 – 2010) reveal a significant predominance of the share of right-hemisphere students over all other types, even among future specialists in the fields of mathematics, physics, computer science. And this share of time is growing significantly. Modern methods of teaching mathematics and programming in most cases are designed for left-hemisphere students. Right-hemisphere students need other teaching methods. Hence the way to solve the above problems.

Keywords: methods of teaching, mathematics, computer science, interhemispheric asymmetry of the brain, psycho-pedagogic experiment, statistics

Статья затрагивает следующие профессиональные направления обучаемых: 1) это большей частью будущие математики, физики, специалисты в области информатики и информационных технологий (ИТ), преподаватели математики, физики, информатики, специалисты в технических областях – в рамках данной статьи назовем их профессиональными направлениями типа 1 (ПНТ1); 2) это будущие экономисты, менеджеры, правоведы, психологи, историки, филологи – назовем их профессиональными направлениями типа 2 (ПНТ2). Термин «специалист» будет пониматься в широком смысле, ему будет соответствовать не только специалитет, но также бакалавриат и магистратура.

Обработка данных и выводы по данной статье теоретически и практически базируются в немалой степени на авторских

методиках психолого-педагогических исследований [1] и психолого-педагогических экспериментов [2] на студентах с целью обоснования эффективности внедрения в учебный процесс вузов новых методик обучения. Речь идет не только о материалах диссертаций и монографий. В отдельных случаях чисто из познавательного интереса собирались экспериментальные данные, выходящие за рамки тематики этих диссертаций и монографий, поскольку анализ этих экспериментальных данных плохо согласовывался с тем, что принято писать в психолого-педагогической литературе. Естественно, в соответствующих диссертациях и монографиях эти данные и выводы по ним не приводились.

В рамках данной статьи также выделим 3 типа учебных дисциплин. Учебные дисциплины типа 1 (УДТ1) – это дисциплины из следующих областей: математика, математические основы информатики, программирование. Учебные дисциплины типа 2 (УДТ2) – это дисциплины из тех областей информатики, которые не входят в УДТ1. Учебные дисциплины типа 3 (УДТ3) – это дисциплины из тех областей, которые не входят в УДТ1 и в УДТ2. Объединим УДТ2 и УДТ3 в один тип (УДТ23). Выделим несколько типов студентов по уровню владения ими учебным материалом. С5 – это студенты, средний балл которых по правилам математики округляется до 5 (для ПНТ1 и ПНТ2, также для УДТ1 и УДТ23), С4 и С3 – соответственно для среднего балла, округляющегося до 4 и 3. Заметим, что балл 2 (неудовлетворительно) либо студент исправляет, либо студента отчисляют. С45 – это объединение С4 и С5. С34 – это объединение С3 и С4. Под С5+ будем понимать тех студентов из множества С5, которые имеют собственное мнение, способны на творческий подход, способны заметить ошибку в учебнике или на доске, предложить иную формулировку теоремы, иную формулу, более удачные, чем были приведены на лекции или в учебнике. Пусть, например, С4(ПНТ1,УДТ1) – это студенты С4 для ПНТ1 и УДТ1; С4(ПНТ1) – это студенты С4 (для ПНТ1), С4(УДТ1) – это студенты С4 (для УДТ1).

Теперь про наблюдения автора статьи и [3] его коллег. С5(УДТ2), С4(УДТ2), С3(УДТ2) – это почти те же студенты, что и соответственно С5(УДТ3), С4(УДТ3), С3(УДТ3). Следовательно, по сложности изучения УДТ2 (например, дисциплина «Компьютерный дизайн») и УДТ3 (например, дисциплина «История средних веков») приблизительно одинаковы. При этом УДТ1 значительно сложнее для изучения, чем УДТ23, почти у каждого студента оценки по УДТ1 ниже, чем по УДТ23. Эти выводы справедливы для любого профессионального направления. Часть из С5(УДТ23) переходит в С4(УДТ1) и в С3(УДТ1). Часть из С4(УДТ23) переходит в С3(УДТ1). Назовем обратным переходом факт, когда студент из С34(УДТ23) переходит в С5+(УДТ1). В среднестатистической учебной группе (≈30 студентов) обычно наблюдаются 1, изредка 2 обратных перехода.

Цель исследования состоит в научном объяснении следующих двух явлений:

1. Почему в УДТ1 (математика и программирование) десятилетиями почти все студенты (ПНТ1 и ПНТ2) почти ничего не понимают? Спросите группу студентов 2 или 3 курса: «Что такое дифференциальное уравнение? Является ли дифференциальным уравнением школьное квадратное уравнение?» – только 1–2 студента ответят что-то вразумительное, но, скорее всего, не правильное. «Что такое синтаксис и семантика языка программирования? Что такое инкапсуляция? Что такое наследование?» – тот же результат. Причем ситуация за последние десятилетия ухудшается. Интересно, что эти студенты становятся после окончания вуза вполне адекватными специалистами, работодатель ими чаще всего доволен. Так, в 2001–2003 гг. автор статьи наблюдал аспиранта, окончившего технический вуз с отличием. Тема диссертации и его работа по специальности были связаны с сотовым интернетом на базе протоколов 3G. Тогда 4G интернета еще не было. Аспирант не сдал экзамен по специальности – 1 часть. Он не смог объяснить, чем система двух линейных уравнений с двумя неизвестными отличается от квадратного уравнения. Ныне он является гражданином Франции, экспертом французского правительства по беспроводной связи.

2. Почему происходят указанные выше обратные переходы?

Эти явления, вероятно, имеют разнообразные причины и источники. Их можно найти путем анализа достоинств и недостатков сложившейся методики преподавания обсуждаемых дисциплин, путем приложения к рассматриваемым явлениям существующих психолого-педагогических теорий, даже путем анализа социально-политического положения в нашей стране и в мире. Данная статья дает отмеченным явлениям не полные, а лишь частичные объяснения, да и те скорее выносит на суд читателя. Слишком сложны затронутые явления и связанные с ними проблемы.

Материалы и методы исследования

Итак, причины и источники указанных выше явлений могут, в частности, лежать в области психологии. При этом имеются в виду [4] психология индивида и личности, а также социальная психология. Социальная психология в настоящее время бурно развивается, но наиболее интересные исследования являются закрытыми для печати. Основополагающей для социальной психологии является теория Э. Фрома о пяти типах социального характера: рецептивный; эксплуатирующий; накапливающий; рыночный; продуктивный. Как из этого вывести описанные выше явления – автору неизвестно. Естественно, студенческий социум (например, учебная группа) заинтересован иметь эксперта по УДТ1, в которых почти все почти ничего не понимают – хотя бы для того, чтобы было с кого «списать». Но, как указывалось выше, студент из С5+(УДТ1) может не входить в С5(УДТ23), не являться общепризнанным лидером в учебе. Именно поэтому, как правило, студенты списывают «не с того» – они не способны выявить эксперта УДТ1 в своем коллективе, даже если он есть. Анализ контрольных работ УДТ1 приводит к этому выводу. Это позволяет скептически относиться к тому, что причина обратных переходов лежит в области социальной психологии, но и логически не доказывает обратного.

Предположение о том, что причина обратного перехода лежит в области психологии индивида и личности, требует сосредоточиться на психологическом типе данного студента, который, например, совершил обсуждаемый обратный переход. Какой у него тип? Это человек, который без затруднений оперирует понятиями математики и программирования, на что абсолютное большинство его окружающих не способно. При этом нельзя сказать, что он без затруднений способен изучать другие учебные дисциплины. Среди многочисленных психологических типологий для данного случая, видимо, лучше всего подходят типологии, связанные с межполушарной асимметрией мозга (МАМ). В научную область МАМ [5–7], в частности, входит подразделение людей на типы: мыслительный (левополушарный); художественный (правополушарный); гармоничный. Такая типология, очевидно, связана с обоими явлениями, объяснения которым мы хотим найти. В психологической науке известны также типологии, не связанные с МАМ. Таковы, например, указанная выше теория Э. Фрома о пяти типах социального характера, теория о четырех типах темперамента (холерики, меланхолики, сангвиники, флегматики), теория о четырех конституциональных типах (астеники, пикники, атлетики, дипластики) и многие другие. Нам они, видимо, бесполезны.

В табл. 1 и 2 представлены данные по эксперименту, обсуждаемому в статье. Привлекались студенты Ленинградского государственного университета имени А.С. Пушкина, Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена, Санкт-Петербургского государственного университета сервиса и экономики. В ходе эксперимента каждый обследуемый студент отвечал на вопросы специального психологического теста, например, «Я помню то, чему учился несколько лет назад», «Мне трудно дается алгебра». Ответ на подобный вопрос – это целое число баллов от 0 до 10, Категорическому «Нет» соответствует 0 баллов, категорическому «Да» соответствует 10 баллов. В результате определяется к какому из рассмотренных выше трех типов относится данный студент. Имеется несколько подобных тестов. А наиболее известная информация об этих трех типах такова:

1. Левое полушарие мозга управляет правой стороной тела. Люди мыслительного (левополушарного) типа имеют более развитое левое полушарие. Они лучше воспринимают вербальную информацию (выраженную некоторыми символами). Более склонны к анализу, чем к синтезу, более склонны к точным наукам, чем к гуманитарным. Они, как правило, пунктуальны, действуют планомерно, четко осознавая цели. Ориентируются в сложной ситуации несколько замедленно, анализируя ее по частям, принимают решение обычно на основе рассуждений.

2. Правое полушарие мозга управляет левой стороной тела. Люди художественного (правополушарного) типа имеют более развитое правое полушарие. Они лучше воспринимают невербальную информацию (не символьную, непосредственно воспринимаемую). Более склонны к синтезу, чем к анализу, более склонны к гуманитарным наукам, чем к точным. Они, как правило, не пунктуальны, действуют спонтанно, четко не осознавая цели. Ориентируются в сложной ситуации очень быстро, воспринимая ее целостно, принимают решение обычно на основе интуиции.

Таблица 1

Количество студентов М – мыслительного, Х – художественного, Г – гармоничного типов и С – их сумма по профессиональным направлениям типов 1 и 2 соответственно

Уч. годы	ПНТ1				ПНТ2			
	М	Х	Г	С	М	Х	Г	С
1993–1995	119	187	15	321	76	206	15	297
2000–2003	119	233	19	371	92	287	22	401
2008–2011	107	258	21	386	87	300	24	411

Таблица 2

Доля (%) студентов М – мыслительного, Х – художественного, Г – гармоничного типов по профессиональным направлениям типов 1 и 2 соответственно

Уч. годы	ПНТ1			ПНТ2		
	М	Х	Г	М	Х	Г
1993–1995	37,1	58,2	4,7	25,6	69,4	5,0
2000–2003	32,1	62,8	5,1	22,9	71,6	5,5
2008–2011	27,7	66,8	5,5	21,2	73,0	5,8

3. Людей гармоничного типа очень мало. У них оба полушария развиты приблизительно одинаково. Они одинаково успешно воспринимают вербальную и невербальную информацию, в приблизительно равной степени обладают чертами левополушарных и правополушарных.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с данными из табл. 1 и 2, даже большинство студентов ПНТ1 – правополушарные, не говоря о студентах ПНТ2 (там доля правополушарных еще больше). Причем по времени довольно быстро растет доля правополушарных, медленнее растет доля гармоничных, убывает доля левополушарных. Вот почему УДТ1 (математику и программирование) большинство студентов (ПНТ1 и ПНТ2) плохо понимают! Причем с годами ситуация с пониманием УДТ1 ухудшается для всех, но особенно сильно – для ПНТ1. Большинство существующих методик преподавания математики и программирования в вузе основаны на восприятии студентами вербальной информации с помощью специфических языков, например ε-δ-язык для представления математических определений и доказательства теорем, язык терминальных и нетерминальных символов для представления формальных грамматик, язык Бэкуса – Наура для представления языков программирования.

$$a = \lim_{n\to\infty} a_n \; def \; \forall \varepsilon > 0 \exists N \in \mathbf{N} \forall n > N \left| a_n - a \right| < \varepsilon. \; (*)$$

Вот, например, формула (*) – математическое определение предела последовательности, представленное на ε-δ-языке. Правополушарный студент его скорее всего не поймет, но вызубрит для сдачи экзамена, а потом сразу забудет. Еще он вызубрит правила расчета пределов из задачника. Получается, что предел он рассчитать может, не понимая при этом, что такое предел. Для студентов ПНТ2 некоторые преподаватели УДТ1 начали как-то привносить образность в преподавание. А для студентов ПНТ1 преподаватели пока используют почти исключительно классические методики обучения УДТ1.

В период 2008–2011 учебных годов в обсуждаемом эксперименте наблюдалось лишь 14 обратных переходов среди обследованных 386 студентов. Из них 11 – левополушарных студентов и 3 – гармоничных. У этих 11 левополушарных обратный переход объясним их большей склонностью к точным наукам, чем к гуманитарным. У гармоничных студентов он, по-видимому, связан с более тонкими синергетическими эффектами, когда оба полушария совместно работают над некоторыми задачами УДТ1, усиливая друг друга.

Надежность результатов представленного в статье эксперимента объясняется следующим. Рассмотрим, например, результат, состоящий в том, что для ПНТ1 доля правополушарных студентов растет во времени. Табл. 2 дает нам 58,2%, 62,8%, 66,8% – рост очевиден, но, может быть, это просто случайно так получилось? Табл. 1 дает нам соответствующие три выборки студентов объемами 321, 371, 386. Это достаточно большие объемы, гарантирующие, что указанный выше рост не случаен. Нужно рассмотреть гипотезу о том, что вероятностное распределение студентов ПНТ1 на правополушарных (Х) и прочих (М и Г) в учебные годы 1993–1995, 2000–2003, 2008–2011 было одинаковым. Используя критерий Пирсона χ^2 [2; 8], эта гипотеза отвергается с уровнем значимости $p = 10^{-16} \approx 0$ – вот вероятность ошибки, если мы предположим, что эти распределения неодинаковы (расчеты велись в среде Microsoft Excel). Надежность измеряется уровнем доверия $d = 1 - p \approx 1 = 100\%$. С другими результатами эксперимента следует поступать аналогично.

Заключение

1. Правополушарных студентов в настоящее время большинство, и их становится все больше. Им нужны новые методики обучения математике и программированию, основанные на привлечении в преподавание образности. Что делать дальше? Разрабатывать и внедрять такие методики в учебный процесс. Это, например, методики обучения с использованием принципа историзма развития математики и программирования, с изучением логико-философских оснований математики и программирования, с изучением визуального, событийно ориентированного, сценарного программирования. При этом полезны теории [1] сервисов обучения и многоканальной коммуникации преподавателя и обучаемых.

2. Выше была приведена теория МАМ в упрощенном виде. В соответствии с исследованиями Нобелевского лауреата Роджера Сперри [6], нет никакой функции одного полушария, которую в случае необходимости не могло бы (постепенно обучившись) взять на себя другое полушарие. Каждое полушарие имеет собственное сознание и собственную личность, которые всякую проблему рассматривают с двух своих различных позиций, имея различные свои мнения и предлагая различные свои решения. Окончательное решение всякий раз вырабатывается совместно этими двумя лично-

стями. Такую систему МАМ Сперри считал результатом эволюции человека. Все эти слова являются результатами исключительно его медицинских экспериментов. Например, он научился переключать в сон одно из полушарий мозга пациента и разговаривать с другим. Сперри был врачом, лечившим эпилепсию и инсульты, ни философом, ни психологом в обычном понимании этих терминов он не был. Интересно, что теория МАМ относится также и к животным.

3. Чем можно объяснить рост в последние годы долей правополушарных и гармоничных студентов и уменьшение доли левополушарных студентов? Вероятно, эволюцией. Тем, что условия жизни людей изменяются во времени. Быстрое принятие решений в результате «схватывания» ситуации в целом на основе интуиции предпочтительней, если эта ситуация быстро изменяется, если в ней нет четкой сложившейся системы правил и приоритетов. Более медленное принятие решений в результате анализа ситуации (мысленного разложения ее на компоненты) и последующих рассуждений предпочтительней, если эта ситуация представляет собой стационарный и «почти не случайный» процесс – в ней есть четкая сложившаяся система правил и приоритетов. Практически, естественно, встречаются и те, и другие ситуации, но с различной частотой, что и отражается на направлении эволюции.

Список литературы

1. Фокин Р.Р., Абиссова М.А., Емельянов А.А. Проблемы управления и обучения коллектива разработчиков программного обеспечения: монография. СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2012. 211 с.

2. Фокин Р.Р., Атоян А.А. Проверка статистических гипотез при обосновании результатов квалификационных работ по некоторым направлениям и специальностям высшей школы и ее компьютерная реализация // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 5–3. С. 614–618.

3. Абрамян Г.В., Катасонова Г.Р. Модель использования информационных технологий управления в системе преподавания информатики // Письма в Эмиссия.Оффлайн. 2012. № 10. [Электронный ресурс]. URL: http://www.emissia.org/offline/2012/1890.htm. (дата обращения: 07.08.2019).

4. Маклаков А.Г. Общая психология: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2016. 576 с.

5. Леутин В.П., Николаева Е.И. Функциональная асимметрия мозга: мифы и действительность. СПб.: Речь, 2005. 368 с.

6. Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг. Правый мозг. М.: Книга по требованию, 2013. 254 с.

7. Москвина Н.В., Москвин В.А. Межполушарные асимметрии и индивидуальные различия человека. М.: Смысл, 2011. 368 с.

8. Справочник по прикладной статистике: В 2 т. Т. 2 / Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, С.А. Айвазяна, Ю.Н. Тюрина. М.: Финансы и статистика, 1990. 526 с.