

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

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

Электронная версия журнала

top-technologies.ru/ru

Правила для авторов:

top-technologies.ru/ru/rules/index

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПА037

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Свидетельство ПИ № ФС 77 – 63399.

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 1,007.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,308.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:

ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

тел. +7 (499) 705-72-30

E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 31.01.2023

Дата выхода номера – 28.02.2023

Формат 60×90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания»

410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Доронкина Е.Н.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 21,25

Тираж 1000 экз.

Заказ СНТ 2023/1

Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

СТАТЬИ

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ <i>Горшкова О.О.</i>	9
ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЧНО ПОРИСТОЙ ГАЗОСТАТИЧЕСКОЙ ОПОРЫ С МАЛОЙ КОНУСНОСТЬЮ <i>Космынин А.В., Щетинин В.С., Хвостиков А.В., Смирнов А.В.</i>	15
БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ЦИФРОВИЗАЦИИ <i>Левенцов В.А., Левенцов А.Н.</i>	20
СКРИПТОВЫЕ КЛЮЧИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА <i>Лехмус М.Ю., Старцева О.Г.</i>	26
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОИСКА ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ОСЕЙ СИНФАЗНОСТИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ <i>Петрова Е.А., Соколов К.О., Прудецкий Н.Д., Ведехин К.Э.</i>	32
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЕЩАЕМОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ АКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ КОХОНЕНА <i>Родионов А.В.</i>	37
О ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ФУНКЦИЙ, ПРОИЗВОДНЫХ И РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ХРАНИМЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ КУСОЧНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ <i>Ромм Я.Е., Джанунц Г.А.</i>	44
ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ НА МРТ-СНИМКАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА: ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ВЫБОРКИ НА СТАБИЛЬНОСТЬ МОДЕЛИ ГЛУБИННОГО ОБУЧЕНИЯ <i>Талалаев М.В.</i>	64
СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКОВ НА ЗАВОДЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ <i>Федорович Н.Н., Студеникина О.Д.</i>	73
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ОПАСНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ <i>Шарапов Р.В.</i>	78
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ПРАВИЛ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНОСНОГО ТРАФИКА В АВТОНОМНОМ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ КОМПЛЕКСЕ <i>Шнайдер А.В., Казаков Ф.А.</i>	83

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НАНОСИМОЙ ТЕКСТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Якимайнен Д.С., Шамраев А.А., Шевцов М.Ю., Кариков Е.Б. 89

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

СТАТЬИ

ПРОФИЛАКТИКА ПОДРОСТКОВОЙ НАРКОМАНИИ В УСЛОВИЯХ СОЦИАЛЬНО-РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦЕНТРА

Алпатова Н.С., Понькина И.В. 96

ДИАГНОСТИКА РАЗВИТИЯ РЕФЛЕКСИВНОГО КОМПОНЕНТА КОМПЕТЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Бирюкова И.П., Бакланов И.О. 101

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КОНСТРУКТ ПОСТРОЕНИЯ ЦЕННОСТНОГО РЯДА ОБЪЕКТОВ ОПЫТА ЭМОЦИОНАЛЬНО-ЦЕННОСТНОГО ОТНОШЕНИЯ СТУДЕНТОВ К ОКРУЖАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Васина О.Н. 107

ЭТИЧЕСКИЙ КОДЕКС ПЕДАГОГА В КОНТЕКСТЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Воскресенко О.А., Сергеева С.В., Варникова О.В. 112

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ЮРИСТОВ

Гольцова Т.А., Проценко Е.А., Живокина М.А., Павлова Ю.Е. 117

О ФОРМИРОВАНИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Красильникова Е.В., Кузнецова С.Н. 123

ЧИТАТЕЛЬСКАЯ ГРАМОТНОСТЬ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ИНДИКАТОР ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ

Круглова Е.Н. 128

ОБОСНОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛОВ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Назарова Ж.А. 133

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА

Потапкин Е.Н. 138

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПОЛОЖЕНИЙ СУБЪЕКТОЦЕНТРИРОВАННОГО ПОДХОДА

Птицына Е.В., Березина Т.И., Федорова Е.Н., Москаленко М.С. 146

ОПЫТ ТРАНСЛЯЦИИ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В РАМКАХ СТАЖИРОВОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ

Саввина М.П. 151

РАЗВИТИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО И ЧАСТНОГО СЕКТОРОВ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЯПОНИИ

Степанов В.И., Степанова Н.В., Соколова И.В. 156

ОСОБЕННОСТИ МУЗЫКАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ
В УСЛОВИЯХ ШКОЛЫ-ИНТЕРНАТА ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ ДЕТЕЙ

Тенюкова Г.Г., Медведева И.А. 161

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕХНОПАРКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ШКОЛ НА ПРИМЕРЕ РЕАЛИЗАЦИИ
СЕТЕВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ТЕХНОЛОГИЯ»

Устинова Н.Н. 166

CONTENTS

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

СТАТЬИ

POSSIBILITIES OF USING LASER WELDING IN THE CONSTRUCTION OF MAIN PIPELINES <i>Gorshkova O.O.</i>	9
INVESTIGATION OF THE LOAD CHARACTERISTICS OF A PARTIALLY POROUS GAS-STATIC SUPPORT WITH A SMALL TAPER <i>Kosmynin A.V., Shchetinin V.S., Khvostikov A.V., Smirnov A.V.</i>	15
LEAN PRODUCTION AND PROBLEMS OF ITS DIGITALIZATION <i>Leventsov V.A., Leventsov A.N.</i>	20
SCRIPT KEYS FOR EDUCATIONAL CONTENT <i>Lekhmus M.Yu., Startseva O.G.</i>	26
USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS TO SEARCH FOR HYPERBOLIC AXES OF IN-PHASE GEORADOLocation SIGNALS <i>Petrova E.A., Sokolov K.O., Prudetskiy N.D., Vedekhin K.E.</i>	32
RESEARCH ON THE TRAFFIC OF ELECTRONIC COURSES TO BUILD USER ACTIVITY PROFILES USING A KOHONEN NETWORK <i>Rodionov A.V.</i>	37
ON REPRODUCIBILITY OF FUNCTIONS, DERIVATIVES AND SOLUTIONS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS USING STORED COEFFICIENTS OF PIECEWISE INTERPOLATION <i>Romm Ya.E., Dzhanunts G.A.</i>	44
PREDICTIVE MODELS IN BRAIN'S MRI: THE SAMPLE SIZE DEFINITION ON DEEP LEARNING MODEL <i>Talalaev M.V.</i>	64
STATISTICAL CONTROL OF STABILITY OF PRODUCTION OF ELECTRIC METERS AT THE PLANT OF MEASURING INSTRUMENTS <i>Fedorovich N.N., Studenikina O.D.</i>	73
USING NEURAL NETWORKS TO PREDICT DANGEROUS WEATHER CONDITIONS <i>Sharapov R.V.</i>	78
USING MACHINE LEARNING METHODS TO GENERATE RULES FOR DETECTING MALICIOUS TRAFFIC IN AN AUTONOMOUS HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX <i>Shnayder A.V., Kazakov F.A.</i>	83
AUTOMATIC CONTROL OF THE APPLIED SURFACE TEXTURE USING TECHNICAL VISION <i>Yakimainen D.S., Shamraev A.A., Shevtsov M.Y., Karikov E.B.</i>	89

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)
СТАТЬИ

PREVENTION OF TEENAGE DRUG ADDICTION IN A SOCIAL REHABILITATION CENTER <i>Alpatova N.S., Ponkina I.V.</i>	96
DIAGNOSTICS OF THE EXPERIMENTAL RESEARCH COMPETENCIES REFLECTIVE COMPONENT DEVELOPMENT <i>Biryukova I.P., Baklanov I.O.</i>	101
THE THEORETICAL CONSTRUCT OF CONSTRUCTING A VALUE SERIES OF OBJECTS OF EXPERIENCE OF STUDENTS' EMOTIONAL AND VALUE ATTITUDE TO THE SURROUNDING REALITY <i>Vasina O.N.</i>	107
ETHICAL CODE OF TEACHER IN THE CONTEXT OF PROFESSIONAL TRAINING OF STUDENTS IN HIGHER SCHOOL <i>Voskrekasenko O.A., Sergeeva S.V., Varnikova O.V.</i>	112
DIDACTIC POTENTIAL OF MOBILE APPLICATIONS TO FORM FOREIGN LANGUAGE PROFESSIONAL COMMUNICATIVE COMPETENCE OF LAWYERS <i>Goltsova T.A., Protsenko E.A., Zhivokina M.A., Pavlova Yu.E.</i>	117
ON THE FORMATION OF NATIONAL IDENTITY IN THE SYSTEM OF MODERN AGRARIAN EDUCATION <i>Krasilnikova E.V., Kuznetsova S.N.</i>	123
READING LITERACY AS THE MOST IMPORTANT INDICATOR OF FUNCTIONAL LITERACY <i>Kruglova E.N.</i>	128
JUSTIFICATION OF THE CONSISTENT STUDY THE SECTIONS OF DESCRIPTIVE GEOMETRY AND ENGINEERING COMPUTER GRAPHICS <i>Nazarova Zh.A.</i>	133
METHODOLOGICAL SUPPORT OF RESEARCH ACTIVITIES OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN THE CONDITIONS OF A FIELD BIOLOGICAL WORKSHOP <i>Potapkin E.N.</i>	138
PROFESSIONAL TRAINING OF THE FUTURE TEACHER BASED ON THE PROVISIONS OF THE SUBJECT-CENTERED APPROACH <i>Ptitsyna E.V., Berezina T.I., Fedorova E.N., Moskalenko M.S.</i>	146
EXPERIENCE OF BROADCASTING THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF PRESCHOOL INSTITUTIONS AS PART OF AN INTERNSHIP PLATFORM <i>Savvina M.P.</i>	151
DEVELOPMENT OF PUBLIC AND PRIVATE SECTORS OF HIGHER EDUCATION IN JAPAN <i>Stepanov V.I., Stepanova N.V., Sokolova I.V.</i>	156

FEATURES OF MUSICAL DEVELOPMENT OF YOUNGER SCHOOLCHILDREN
IN A BOARDING SCHOOL FOR VISUALLY IMPAIRED CHILDREN

Tenyukova G.G., Medvedeva I.A. 161

ORGANIZATION OF INTERACTION BETWEEN THE TECHNOPARK
OF UNIVERSAL PEDAGOGICAL COMPETENCIES AND SCHOOLS
ON THE EXAMPLE OF THE IMPLEMENTATION OF THE NETWORK
EDUCATIONAL PROGRAM «TECHNOLOGY»

Ustinova N.N. 166

СТАТЬИ

УДК 621.79

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ****Горшкова О.О.***ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Сургутский филиал, Сургут,
e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru*

В статье рассмотрены возможности применения технологии лазерной сварки в процессе сооружения магистральных трубопроводов. Обозначены недостатки дуговых способов сварки и определены преимущества лазерных техник сварки. Определены техники сварки с использованием лазерного луча, которые могут быть применены для сварки магистральных трубопроводов в качестве альтернативы ручной сварки, выделены их особенности, преимущества на основании анализа и систематизации теоретических исследований, практического опыта и изучения микрошлифов. На основе комбинации техник лазерной сварки рассмотрена технология сварки неповоротных стыков трубопровода, когда для выполнения корня шва используется техника лазерной сварки с глубоким проплавлением за один проход с добавлением присадочной проволоки. Процесс заполнения разделки кромок осуществляется лазерно-дуговым способом либо способствующим увеличению скорости сварки по сравнению с дуговым способом в два раза, лазером с подачей присадочной проволоки в узкощелевую разделку с последующим нанесением облицовочного слоя. Использование многопроходной сварки в узкощелевую разделку обеспечивает получение качественных, о чем свидетельствуют данные механических испытаний микрошлифа на статическое растяжение и ударный изгиб и сравнение полученных результатов с требованиями нормативной документации.

Ключевые слова: лазерная сварка, узкощелевая разделка, магистральный трубопровод, гибридный лазерно-дуговой способ сварки

**POSSIBILITIES OF USING LASER WELDING
IN THE CONSTRUCTION OF MAIN PIPELINES****Gorshkova O.O.***Industrial University of Tyumen, Surgut branch, Surgut, e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru*

The article considers the possibilities of using laser welding technology in the process of construction of trunk pipelines. The disadvantages of arc welding methods are indicated and the advantages of laser welding techniques are determined. Laser beam welding techniques that can be used for welding main pipelines as an alternative to manual welding are identified, their features and advantages are highlighted based on the analysis and systematization of theoretical research, practical experience and the study of micro-grinds. Based on a combination of laser welding techniques, the welding technology of non-rotating pipeline joints is considered, when the technique of laser welding with deep penetration in one pass with the addition of filler wire is used to perform the root of the seam. The process of filling the cutting edges is carried out by a laser-arc method, or, contributing to an increase in the welding speed compared to the arc method twice, by a laser with the supply of filler wire into a narrow-slit cutting, followed by the application of a lining layer. The use of multi-pass welding in narrow-slit cutting ensures high-quality results, as evidenced by the data of mechanical tests of the microplate for static stretching and impact bending and comparison of the results obtained with the requirements of regulatory documentation.

Keywords: laser welding, narrow-slit cutting, main pipeline, hybrid laser-arc welding method

Транспортировка большого количества углеводородного сырья осуществляется по магистральным трубопроводам, процесс строительства которых предусматривает сборку и сварку стыков труб большого диаметра. Новые уникальные проекты предъявляют высокие требования к магистральным трубопроводам по показателям технических, эксплуатационных свойств. В процессе сооружения трубопровода большое значение уделяется качеству сварных соединений, являющихся наиболее ответственными элементами, которые обеспечивают надежность и безопасность эксплуатации конструкции трубопровода.

При строительстве магистральных трубопроводов широко используются способы дуговой сварки. При анализе результатов

выполнения неповоротных стыков трубопроводов посредством дуговых способов сварки выявился ряд недостатков, а именно:

- перегрев металла в зоне термического влияния за счет большого количества вводимого тепла и высокой погонной энергии;
- формирование в сварном шве микроструктур в околошовной зоне из-за большой погонной энергии, способствующих формированию трещин и снижению ударной вязкости;
- большой объем наплавленного металла шва;
- большое количество проходов при выполнении шва, что приводит к снижению производительности процесса;
- необходимость при подготовке кромок выполнять разделку достаточно больших

размеров, что приводит к увеличению расхода сварочных материалов [1].

Выделенные недостатки возможно исключить, используя способы лазерной сварки, что определяет актуальность рассматриваемого вопроса. Применение лазерного излучения в сварочном производстве наиболее активно осуществляется со второй половины XX в. Начиная с 2000-х гг. волоконные лазеры начинают использоваться в различных отраслях, в том числе в процессе проведения сварочных работ. Объемы применения лазерных технологий неуклонно возрастают, что обусловлено особенностями технологии, обеспечивающей решение современных производственных технических задач, в том числе при строительстве магистральных трубопроводов, что определяет актуальность и своевременность данной работы.

Цель исследования – определение возможностей использования лазерной сварки при производстве магистральных трубопроводов из труб большого диаметра, в процессе выполнения стыков труб в неповоротном положении, на основе систематизации, обобщения и развития литературных источников, анализа практического опыта, анализа результатов исследования микрошлифов.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов использованы результаты исследований по сварке трубных конструкций, магистральных трубопроводов (О.О. Горшкова [1] А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров [2], А.Б. Ушаков, О.П. Морозова [3], Е.М. Шапов [4] и др.), проанализированы результаты опыта практического применения лазерной сварки при строительстве трубопроводов), проанализированы результаты металлографических исследований сварных швов, полученные посредством различных техник лазерной сварки.

Методы исследования позволили провести анализ, систематизацию и обобщение существующих работ и исследований с целью определения лазерной сварки как одного из возможных и в то же время эффективных способов получения качественных сварных соединений при строительстве магистральных трубопроводов. Применены следующие методы: теоретические (изучение, анализ и синтез литературы по рассматриваемой проблеме); эмпирические (изучение, анализ документации, сравнение данных существующих исследований), практические (металлографические исследования сварных швов).

Результаты исследования и их обсуждение

Нами определено, что технология лазерной сварки имеет широкое применение в различных промышленных отраслях, что обусловлено широким набором преимуществ данного процесса [2–4]:

- высокая производительность;
- высокая стабильность процесса;
- высокая степень автоматизации процесса;
- малая зона термического влияния, что обусловлено возможностью дозирования энергии непосредственно в зону сварки, обеспечивая ее концентрацию, способствуя ведению процесса с высокой скоростью нагрева и охлаждения как металла шва, так и зоны вокруг него; в результате металл шва имеет высокие механические свойства;
- высокое качество сварных швов, характеризующихся высокими механическими свойствами металла шва;
- плавление только основного металла за счет минимального зазора между свариваемыми кромками;
- исключение операции подготовки разделки кромок за счет ведения процесса сварки с глубоким проплавлением;
- экономичность процесса, обусловленная небольшими затратами энергии на единицу погонной длины сварного шва.

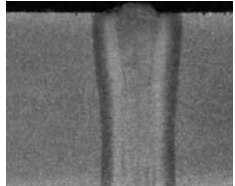
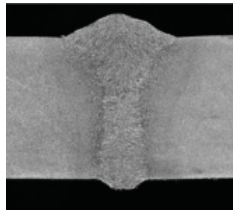
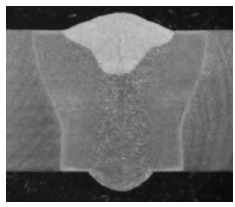
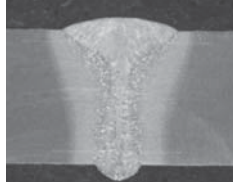
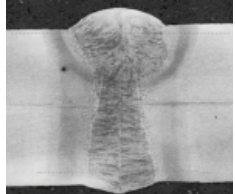
В качестве альтернативы дуговым способам сварки рассмотрим применение технологии лазерной сварки с использованием различных техник и с учетом выделенных преимуществ при сооружении магистральных трубопроводов.

Однако следует отметить и ряд проблем, связанных с применением лазерной сварки, которые требуют своего решения: недостаточный опыт практического применения, снижение стоимости оборудования, уменьшение мощности лазерного излучения в процессе сварки. Поэтому в работе проведен поиск оптимальных технологий с использованием лазерного луча.

В результате анализа и систематизации исследовательских разработок и практического опыта [3–5] нами выявлено, что в настоящее время существует ряд техник сварки с использованием лазерного луча, которые применимы для сварки магистральных трубопроводов в качестве альтернативы ручной сварки. Следует отметить, что гибридные лазерно-дуговые способы сварки способствуют расширению области применения лазерной технологии. Результаты изучения существующего практического опыта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Особенности способов лазерной сварки

Техника лазерной сварки	Особенности	Микрошлиф
Сварка с глубоким проплавлением	– отсутствие необходимости предварительной подготовки кромок; – высокая маневренность процесса; – возможность ведения процесса в труднодоступных местах	
Гибридная лазерно-дуговая сварка	– уменьшение потери основного металла на разбрызгивание; – устранение занижения сварного шва; – стабильность процесса	
Комбинированная сварка	– лазерный луч и сварочная дуга находятся на расстоянии 2–3 см; – облицовка дугой выполняется вторым проходом; – практически отсутствует влияние источников; – стабильность процесса	
Сварка при совмещении присадочной проволоки с лазерным лучом на поверхности металла	– получение необходимой геометрии шва; – высокое качество шва без подрезов и занижений	
Двухпроходная лазерная сварка с одновременной подачей сварочной проволоки	– 1 проход: оплавление кромок основного металла лазером; – 2 проход: облицовка шва при плавлении присадочной проволоки; – получение качественного шва необходимой геометрии, без подрезов и занижений	

Для строительства магистральных трубопроводов применяются трубы большого диаметра от 720 до 1420 мм категорий прочности К60, при этом толщина стенки труб 16 мм и более. Получить качественные сварные соединения при стыковке труб трубопроводов позволяют техники с использованием лазерного луча, способствующие увеличению производительности процесса, а соответственно, и темпа строительства трубопровода.

В процессе работы установлено, что для определения мощности лазерного излучения в процессе выбора режима сварки учитывается толщина свариваемого металла, то есть глубина проплавления металла: например, при толщине металла 16 мм мощность лазерного излучения со-

ставляет 17,5 кВт; при толщине металла 20 мм – 20 кВт; при толщине металла 40 мм (двухсторонняя сварка) – 25 кВт и т.д. При толщине металла свыше 12–16 мм сварка во всех пространственных положениях, кроме нижнего, большой объем расплавленного металла подвержен действию силы тяжести, превосходящей величину сил поверхностного натяжения, что снижает качество сварного соединения, так как возникают трудности с формированием обратного валика [5].

Анализ практического опыта показывает, что возможны два способа укладки трубопровода:

– непрерывный: происходит последовательное наращивание трубопровода посредством стыковки секций без их вращения;

– посекционный: сварка секций происходит в заводских условиях, причем процесс предусматривает сварку в поворотном положении, на трассе готовые секции стыкуют, ведя процесс в неповоротном положении. Данный способ наиболее применим в России [3].

Качество монтажа трубопровода зависит от качества сборочных операций, выполняемых при помощи центраторов (внутренних и внешних), обеспечивающих соосность труб, равномерный зазор в стыке, для проварки корня шва по периметру трубы, механизацию процесса, доступность к зоне сварки.

На практике определено, что сварка неповоротных стыков магистральных трубопроводов является трудоемким процессом. Поточный метод позволяет увеличить темп укладки трубопроводов за счет одновременной работы сборщиков и сварщиков, каждый из которых выполняет определенный участок слоя сварного шва. Качество провара корневого прохода определяет качество всего сварного стыка, с технологической точки зрения он является наиболее сложным и ответственным. Применение лазерной сварки способствует получению качественного провара в корневом проходе, без превышения проплавления над поверхностью, исключению непроваров, без увеличения расхода сварочных материалов и дополнительного применения различных приспособлений, остающихся стальных колец, медных подкладок и исключает выполнение ручной подварки как при сварке под флюсом.

В процессе сварки магистральных трубопроводов выполнение неповоротных стыков производится в различных пространственных положениях: в нижнем, вертикальном, потолочном. Анализ практического опыта позволяет заключить, что преимущества лазерной сварки наиболее характерны для сварки швов в нижнем положении, в других пространственных положениях действие сил тяжести и поверхностного натяжения, а именно дисбаланс от их действия не позволяют получать те же результаты, что в нижнем положении (так, глубина провара за один проход 16–20 мм, возможная при сварке в нижнем положении, уменьшается, также снижается скорость сварки и др.) [3]. Поэтому, учитывая выделенные преимущества различных способов лазерной сварки, посчитали целесообразным скомбинировать их при выполнении неповоротных стыков трубопроводов.

Наиболее сложным с технологической точки зрения и ответственным является корневой проход. К нему предъявляются

особые требования по превышению проплава над поверхностью и исключению непровара.

При выполнении корня шва за один проход применяется техника лазерной сварки с глубоким проплавлением, величина приотупления до 8 мм, с углом раскрытия 2° при заполнении разделки с присадочной проволокой [5]. Данный способ разделки позволит получить более узкий шов, уменьшить объем наплавленного металла, тем самым увеличить скорость сварки. Отсутствие влияния магнитных полей на лазерный луч исключает необходимость применения осциллятора, в отличие от дуговых способов. На рис. 1 представлен пример разделки кромок для лазерной сварки в узкощелевую разделку [3].

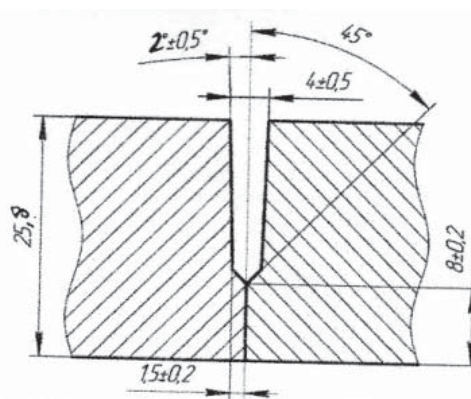


Рис. 1. Узкощелевая разделка кромок

При выполнении многопроходного шва при заполнении разделки приоритет отдан сварке в узкощелевую разделку, обеспечивающую получение требуемых параметров согласно нормативной документации. Возможен ряд способов: гибридный лазерно-дуговой и лазерный с подачей присадочной проволоки. После заполнения разделки производится нанесение облицовочного слоя.

Процесс заполнения разделки кромок может осуществляться двумя способами:

- лазерно-дуговым, способствующим увеличению скорости сварки по сравнению с дуговым способом в два раза;

- лазером с подачей присадочной проволоки в узкощелевую разделку, что способствует уменьшению расхода сварочных материалов. Микрошлифы представлены на рис. 2.

Использование в процессе лазерной сварки присадочной проволоки способствует снижению потерь на испарение легирующих элементов, позволяет избежать образования пор, неровностей проплавления, трещины, посредством регулирования химического состава металла шва.

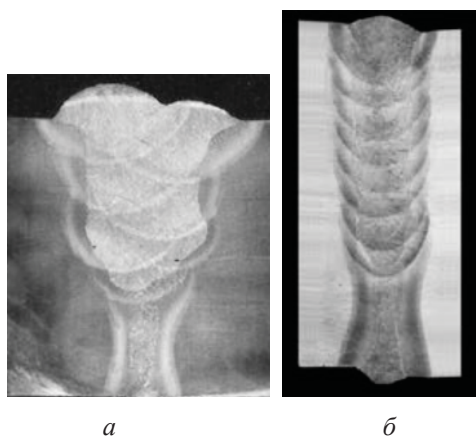


Рис. 2. Микрошлифы:

а) лазерно-дуговой сварки; б) лазерной сварки

В процессе заполнения разделки основной задачей является уменьшение количества проходов, что достижимо при создании большого объема сварочной ванны, при этом геометрия проплавления определяется фокусировкой луча. Для получения необходимого уровня твердости в зоне термического влияния необходимо подбирать погонную энергию.

После заполнения разделки производится нанесение облицовочного слоя, который способствует формированию плавного перехода от поверхностного валика к основному металлу, а также гарантирует переплав разделки кромок.

Сварка металла толщиной 25,8 мм предусматривает выполнение 7 проходов: 1 проход – корень шва; 2–6 проходы – слои, заполняющие разделку, 7 – облицовочный слой [4]. Использовалась сталь трубная, класс прочности K60, толщина стенки 25,8 мм. Микрошлиф представлен на рис. 3.

Для определения механических характеристик металла шва были проведены механические испытания микрошлифа на статическое растяжение и ударный изгиб. Результаты представлены в табл. 2.

Для наглядности результаты испытаний сравнивались со значениями механических характеристик, представленными в марочнике сталей и сплавов [6]. Полученные результаты соответствуют значениям, представленным в нормативной документации.

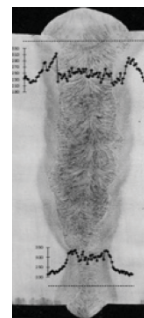


Рис. 3. Микрошлиф, сталь трубная, класс прочности K60

Результаты проведенного неразрушающего контроля качества сварного шва показывают, что в шве не обнаружены дефекты недопустимых размеров.

Реализация технологии лазерной сварки трубопроводов может осуществляться орбитальными головками для лазерной сварки, также может быть использована установка УЛСТ-1 диаметром 1420 мм для лазерной сварки неповоротных стыков труб, предложенная исследователями и конструкторами ООО НТО «ИРЭ-Полус» и ООО «НПК «УТС Интеграция». В основе установка УЛСТ-1 2 оптические лазерные головки, составляющие орбитальный манипулятор [3].

Анализ результатов показывает, что применение способов лазерной сварки при строительстве магистральных трубопроводов позволяет получить качественное сварное соединение, о чем свидетельствуют данные механических испытаний микрошлифа на статическое растяжение и ударный изгиб.

Таблица 2

Результаты механических испытаний микрошлифа

Значения параметров механических характеристик	Результаты механических испытаний					
	Статическое растяжение		Ударный изгиб			
	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение, %	KCV ₀ Дж/см ²	KCV ₋₁₀ Дж/см ²	KCV ₋₄₀ Дж/см ²	KCV ₋₆₀ Дж/см ²
Значения по марочнику стали для d = 530–1420 мм	более 588	более 16	более 29,4	более 29,4	более 29,4	более 29,4
Значения, полученные в результате испытаний	620	20	166	168	143	101

Заключение

Таким образом, анализ, систематизация существующих исследований, материалов практических разработок, практического опыта, результатов металлографических исследований дает основание рассматривать технологию лазерной сварки как перспективный способ соединения неповоротных стыков при сооружении трубопроводов, позволяющий получать качественные сварные соединения, удовлетворяющие требованиям нормативной документации, способствуют увеличению производительности процесса, а соответственно, ускорению темпа строительства трубопровода.

Список литературы

1. Горшкова О.О. Сварка металлоконструкций. Стерлитамак: АМИ, 2017. 103 с.
2. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 664 с.
3. Ушаков А.Б., Морозова О.П., Бегунов И.А., Шамов Е.М. Технология лазерной сварки магистральных трубопроводов // Газовая промышленность. 2017. № 2. С. 100–107.
4. Шамов Е.М. Особенности формирования структуры и механических свойств при лазерной сварке неповоротных стыков труб // Сварочное производство. 2018. № 10. С. 18–24.
5. Гоок С., Гюменюк А., Ламмерс М., Ретмайер М. Особенности процесса орбитальной лазерно-дуговой сварки толстостенных труб большого диаметра // Автоматическая сварка. 2010. № 9. С. 5–13.
6. Зубченко А.С. Марочник сталей и сплавов. М.: Инновационное машиностроение, 2021. 1216 с.

УДК 621.822.574

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЧНО ПОРИСТОЙ ГАЗОСТАТИЧЕСКОЙ ОПОРЫ С МАЛОЙ КОНУСНОСТЬЮ*

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

Обработка материалов резанием на финишных операциях требует применения оборудования, способного обеспечить высокие скорости вращения ротора шпиндельного узла. Наиболее хорошо для этого использовать высокоскоростные газостатические опоры с невысокими нагрузочными характеристиками по сравнению с используемыми в шпиндельных узлах опорами качения или гидростатическими подшипниками, которые имеют ограничение по параметру быстроходности. Исследование представляет собой сочетание теоретического исследования с физическим экспериментом. Для проверки результатов теоретических исследований был разработан экспериментальный стенд. Ротор экспериментального стенда опирается на газостатические опоры. Исследуемая опора с изменяемым зазором нагружается с помощью поршня под давлением. Изменение зазора осуществляется перемещением опоры в осевом направлении микрометрической головкой. Отклонение теоретических результатов от результатов физического эксперимента не превышает 4,5%. Результаты теоретических расчетов и физических экспериментов позволяют сделать вывод, что в целом положение максимума несущей способности газостатической опоры малой конусности при разных значениях эксцентриситета слабо зависит от конструктивного параметра подшипника. Вместе с этим прослеживается определенная тенденция смещения положения максимумов нагрузки в область высоких значений конструктивного параметра с ростом относительного эксцентриситета.

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

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

INVESTIGATION OF THE LOAD CHARACTERISTICS OF A PARTIALLY POROUS GAS-STATIC SUPPORT WITH A SMALL TAPER

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

The processing of materials by cutting at finishing operations requires the use of equipment capable of providing high rotational speeds of the spindle assembly rotor. The most suitable for this is to use high-speed gas-static supports with low load characteristics compared to rolling bearings or hydrostatic bearings used in spindle assemblies, which have a limitation on the speed parameter. The study is a combination of theoretical research with a physical experiment. To verify the results of theoretical research, an experimental stand was developed. The rotor of the experimental stand is supported by gas-static supports. The test support with a variable clearance is loaded using a piston under pressure. The gap is changed by moving the support in the axial direction with a micrometer head. The deviation of the theoretical results from the results of the physical experiment does not exceed 4.5%. The results of theoretical calculations and physical experiments allow us to conclude that, in general, the position of the maximum bearing capacity of a gas-static support of small taper at different values of eccentricity weakly depends on the design parameter of the bearing. At the same time, there is a certain tendency to shift the position of the load maxima to the region of high values of the design parameter with an increase in relative eccentricity.

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

Обработка материалов резанием на финишных операциях требует применения оборудования, способного обеспечить высокие скорости вращения ротора шпиндельного узла. В некоторых областях машиностроения иными способами механической обработки изготовить детали невозможно. Например, при изготовлении деталей электронной, приборостроительной, автомобильной, электротехнической, авиакосмической и др. областей требуется изготовление отверстий 0,01-0,2 мм с точностью 1-5 мкм и шероховатостью 5 мкм, в том числе глубоких с соотношением диаметра к длине 25-30. Применение высоко-

скоростной обработки позволяет снизить силы резания, снизить температуру обработки и увеличить производительность.

Традиционным подшипникам с масляной смазкой свойственно ограничение по частоте вращения, что, в частности, связано с заметным изменением физических свойств смазки с ростом ее температуры. Аэростатические подшипники создают меньшее сопротивление вращению ротора и, как следствие, меньшие потери на трение. Поэтому они не имеют ограничений по частоте вращения шпинделя. Применение шпиндельных узлов на газостатических подшипниках нашло применение

в Великобритании, Китае и других странах для прецизионной обработки в микропроцессорной технике, оптике и изготовления штампов. Применяемые шпиндельные узлы имеют очень ограниченное использование по частоте вращения и нагрузки. Так как на заключительных операциях обработки деталей поверхности силы резания создают незначительные нагрузки в сравнении с черновыми операциями, то в шпиндельных узлах допустимо использовать высокоскоростные опоры с невысокими нагрузочными характеристиками по сравнению с используемыми в шпиндельных узлах опорами качения или гидростатическими подшипниками, которые имеют ограничение по параметру быстроходности.

В работе [1] обосновано, что высокий параметр быстроходности обеспечивают бесконтактные газостатические опоры, нагрузочные характеристики которых позволяют успешно применять их в шпиндельных узлах, используемых для операций чистовой обработки.

Недостатком газостатических опор является то, что при изменении нагрузки на опору изменяется эксцентриситет оси вала относительно вкладыша подшипника, что, в свою очередь, приводит к заметному изменению характеристик опоры. Заметим, что нагрузочные характеристики зависят также от различных режимных и конструктивных параметров [1; 2]. К режимным параметрам относятся частота вращения вала и давление наддува газа в зазор подшипника. При использовании того или иного типа опор в шпиндельных узлах частота вращения шпинделя задается технологическими требованиями. Давление наддува газа в опору существенно влияет на ее характеристики только при низкой частоте вращения вала. С ростом частоты вращения давление наддува весьма слабо оказывает влияние на значение основных характеристик. Это связано с усилением эффекта смазочного клина, влияние которого на несущую опору может быть выше в несколько раз по сравнению с газостатическим полем.

Наилучшими нагрузочными характеристиками газостатических опор обладают подшипники с частично пористой стенкой вкладыша [1; 2]. Повышение нагрузочных характеристик целесообразно выполнять именно на основе таких опор.

Проведенные исследования, представленные в работе [3], показывают, что нагрузочные характеристики опоры в значительной мере зависят от конструктивного параметра

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

Величина конструктивного параметра в большей степени зависит от радиального зазора в опоре c , в меньшей степени от радиуса опоры R , коэффициента проницаемости материала пористой вставки k и высоты пористого ограничителя расхода δ .

Многие работы посвящены поиску оптимального зазора газовых подшипников [4]. Однако исследования по определению оптимального зазора радиальных газостатических подшипников отсутствуют.

Изменение режимов обработки требует изменения нагружающей способности и жесткости шпиндельного узла. Повышение нагрузочных характеристик газостатических опор возможно на основании регулирования характеристик. В работе [5] предложен способ регулирования, основанный на изменении давления нагнетания рабочей жидкости в зазор подшипника. Такое регулирование требует значительного изменения конструкции шпиндельного узла. Повысить нагрузочные характеристики возможно с помощью регулирования зазора в подшипнике.

Для возможности регулирования радиального зазора в цилиндрической опоре был предложен способ, основывающийся на малой конусности [2]. Конструктивная особенность заключается в том, что вал и вкладыш подшипника выполнены в виде конусов с конусностью не более 2° . Принцип регулирования характеристиками такого подшипника заключается в перемещении вала вдоль оси, что приводит к изменению радиального зазора. Так как зазоры в применяемых газостатических опорах для шпиндельных узлов находятся в пределах 20...60 мкм, то продольное смещение вала относительно корпуса составляет не более 1...2 мм.

Материалы и методы исследования

Исследование представляет собой сочетание теоретического исследования с физическим экспериментом. Теоретическое исследование базируется на решении известных уравнений Рейнольдса с уравнениями политропы, неразрывности, движения и энергии. По полученным на основании совместного решения уравнений поля давления данным находят основные эксплуатационные характеристики: несущей способности, жесткости и др.

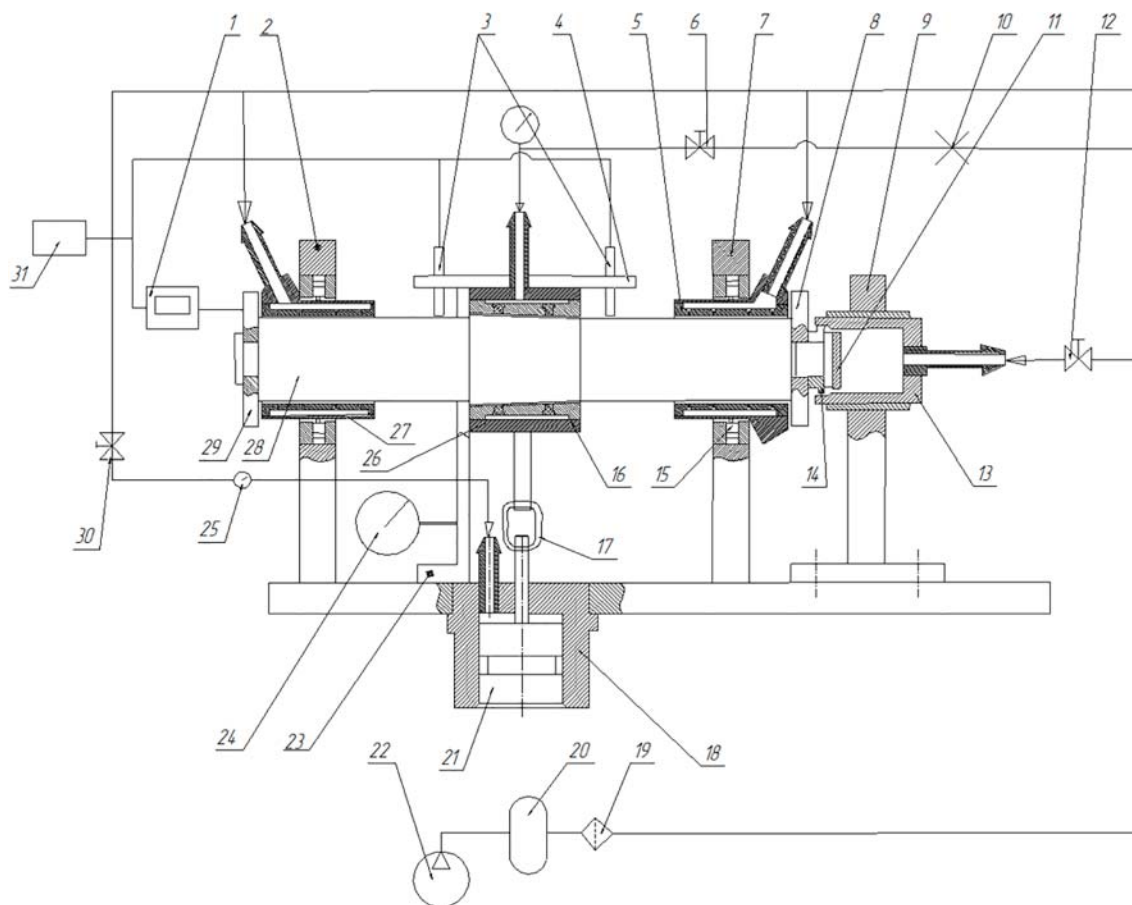


Рис. 1. Экспериментальный стенд для исследования влияния зазора на жесткостные характеристики газостатического подшипника с малой конусностью:
 1 – частотомер; 2, 7 – стойка поддерживающей опоры; 3 индуктивные датчики перемещения; 4 – планка крепления датчика; 5, 27 поддерживающие газостатические опоры; 6 – регулировочный вентиль подачи воздуха в опору; 8, 29 – подпятники; 9 – стойка турбины; 10 – расходомер воздуха; 11 – сопловый аппарат; 12 – регулировочный вентиль подачи воздуха в турбину; 13 – корпус турбины; 14 – турбинное колесо; 15 – самоустанавливающиеся опоры; 16 – исследуемый подшипник; 17 – гибкая связь; 18 – корпус нагрузочного устройства; 19 – устройство очистки воздуха; 20 – ресивер; 21 – нагрузочный поршень; 22 – компрессор; 23 – опора механизма перемещения с микрометрическим винтом; 24 – индикатор часового типа; 25 – манометр; 26 – корпус исследуемой опоры; 28 – вал; 30 – регулировочный клапан нагрузки; 31 – АЦП и ПЭВМ

Для проверки достоверности результатов теоретических расчетов основных характеристик газостатического подшипника с малой конусностью была проведена серия опытов по определению жесткостных характеристик на экспериментальном стенде, представленном на рис. 1.

Стенд состоит из основания, на котором неподвижно закрепляются стойки 2 и 7 для установки поддерживающих опор. В отверстиях основания закрепляется корпус нагружающего устройства. Стойка турбины 9 позволяет регулировать зазор между сопловым аппаратом 11 и турбинным колесом 14. Опора 23 с регулировочным винтом перемещает конический подшип-

ник, изменяя зазор между валом и вкладышем подшипника.

В экспериментальном стенде вал 28 опирается на два газостатических подшипника 5 и 27 с двумя рядами сдвоенных питающих отверстий диаметра 0,7 мм. Осевое перемещение вала ограничивается двумя подпятниками 8 и 29. Зазор в упорных подшипниках создается шестнадцатью отверстиями диаметра 0,7 мм, расположенными по окружности диаметра 60 мм. Радиально упорные подшипники для обеспечения перекоса устанавливаются в обоймах шарнирных самоустанавливающихся опор 15, что позволяет подшипникам занимать положение, соосное с валом.

Вал в центральной части имеет рабочую зону с конусностью 2° . На рабочую зону устанавливают исследуемый подшипник 16 с двумя рядами пористых ограничителей расхода. В корпусе подшипника устанавливается штуцер для подвода сжатого воздуха, шток восприятия радиальной нагрузки, планки для крепления индуктивных датчиков перемещения. Клапан 6 предназначен для создания необходимого давления наддува в испытуемый подшипник. Нагрузка на исследуемый подшипник создается давлением, подаваемым через штуцер на поршень. Шток поршня через гибкую связь передает нагрузку на шток исследуемого подшипника.

Приводом вала служит малоразмерная парциальная турбина осевого типа. Корпус турбины 13 расположен в стойке 9. В корпусе крепится сопловой аппарат 11. Сжатый воздух, истекая из соплового аппарата, попадает в межлопаточные каналы рабочего колеса 14 и тем самым приводит во вращение вал.

Питание сжатым воздухом создается компрессором 22, который подает сжатый воздух в ресивер 20, и через систему очистки воздуха 19 подается к исследуемому подшипнику, двум опорам вала, нагрузочному устройству и к турбине. Клапан 6 регулирует давление, подаваемое на исследуемый подшипник. Клапан 12 служит для изменения частоты вращения вала. Клапаном 30 регулируется давление нагрузки.

Измерительная часть стенда состоит из образцовых манометров 25, которыми контролируется давление, подаваемое на нагружающее устройство, турбину и исследуемый подшипник, индикатора часового типа 24, контроля перемещения опоры изменения зазора 23. Сигналы от частотомера и индуктивных датчиков перемещения поступают на аналогово-цифровой преобразователь и сохраняются на ЭВМ для последующей обработки.

При обработке экспериментальных данных относительный эксцентриситет определялся из выражения:

$$\varepsilon = 1 - h / c,$$

где h – текущее значение зазора между валом и вкладышем; c – средний радиальный зазор подшипника.

Средний радиальный зазор находился по формуле:

$$c = \frac{D_2 - D_1}{2} \cos \alpha,$$

где D_2 – диаметр вкладыша, D_1 – диаметр вала, α – угол конусности.

Коэффициент несущей способности рассчитывался по уравнению:

$$C_Q = \frac{Q}{(p_s - p_a)S},$$

где Q – нагрузка, воспринимаемая испытуемым подшипником; p_s – абсолютное давление наддува газа в зазор подшипника; $S = LD_2$ – площадь проекции внутренней поверхности подшипника на диаметрально плоскую поверхность, L – длина подшипника.

Нагрузка на исследуемом подшипнике определялась по формуле:

$$Q = (p_n - p_a)S_{\text{пор}} + W,$$

где $S_{\text{пор}}$ – эффективная площадь нагрузочного поршня; p_n – абсолютное давление воздуха в поршневой области; W – дополнительная нагрузка на подшипник, учитывающая вес корпуса подшипника и вкладыша, вес нагрузочного поршня со штоком, вес измерительных приборов и влияние гибких шлангов подвода сжатого воздуха на корпус подшипника.

Обработка результатов комплекса выполненных экспериментов показала, что с доверительной вероятностью 0,95 максимальная погрешность оценки коэффициента несущей способности газостатического подшипника с малой конусностью не превышает 4,5%.

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента несущей способности C_Q (несущей способности Q) от конструктивного параметра

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

и относительного эксцентриситета $\varepsilon = e / c$ (e – абсолютный эксцентриситет). Заметим, что конструктивный параметр прямо пропорционален среднему радиальному зазору в опоре, а также зависит от диаметра самой опоры, коэффициента проницаемости пористых ограничителей расхода и их толщины [1]. Коэффициент несущей способности C_Q .

Из представленных зависимостей видно, что в широком диапазоне изменения K_C и ε теоретические результаты расчетов дают вполне удовлетворительную для инженерной практики оценку реальным значениям нагрузочных характеристик. Сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных показывает, что их расхождение не превосходит 19%.

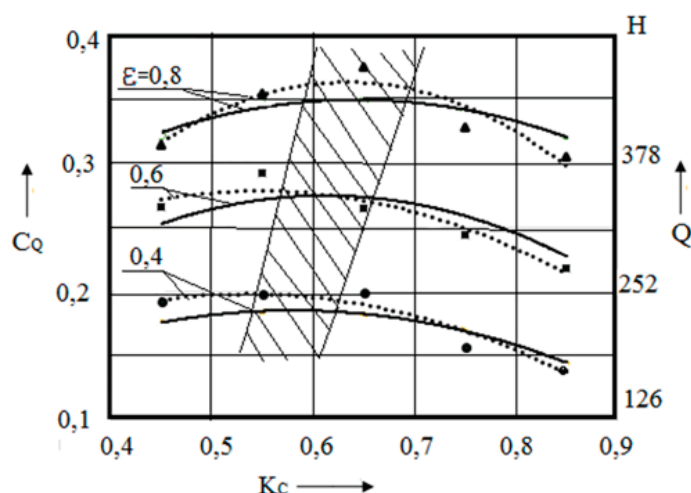


Рис. 2. Зависимость коэффициента несущей способности C_Q и грузоподъемности Q от конструктивного параметра K_c и относительного эксцентриситета ε :
 ----- экспериментальные данные; — расчетные данные

Выводы

Результаты теоретических расчетов и физических экспериментов позволяют сделать вывод, что в целом положение максимума несущей способности газостатической опоры малой конусности при разных значениях эксцентриситета слабо зависит от конструктивного параметра подшипника. Вместе с этим прослеживается определенная тенденция смещения положения максимумов нагрузки в область высоких значений конструктивного параметра с ростом относительного эксцентриситета. Помимо этого, имеется определенный диапазон изменения среднего радиального зазора газовой опоры, в котором несущая способность газостатического подшипника малой конусности не сильно отличается от оптимальной.

Представленные результаты исследования коэффициента несущей способности C_Q и грузоподъемности Q от конструктивного параметра K_c и относительного эксцентриситета ε позволяют разработать систему

управления зазором для работы шпиндельного узла в оптимальных условиях и обеспечения лучшей грузоподъемности.

Список литературы

1. Шаломов В.И. Исследование влияния конструктивных особенностей газовых опор на эксплуатационные характеристики шпиндельных узлов металлообрабатывающих станков (Ч. 5) // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017. № 4. С. 166-169.
2. Шаломов В.И., Виноградов В.С. Особенности конструкции опытно-промышленного образца шпиндельного узла на газостатических опорах для прецизионных внутришлифовальных станков Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 1. С. 23-27.
3. Космынин А.В., Щетинин В.С., Смирнов А.В., Хвостиков А.С., Марьин Б.Н., Кузнецов С.А. Шпиндельный узел с регулируемыми выходными характеристиками // Вестник машиностроения. 2021. № 6. С. 21-23.
4. Грабовский В.И. Оптимальный зазор упорного газового подшипника с максимальной несущей способностью // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2000. № 4. С. 68-78.
5. Шатохин С.Н., Курзаков А.С., Брунгардт М.В. Оптимальное проектирование гидростатических шпиндельных опор с пассивным дроссельным регулированием нагнетания рабочей жидкости // Вестник машиностроения. 2020. № 9. С. 3-7.

УДК 004:658.3

БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ПРОБЛЕМЫ ЕГО ЦИФРОВИЗАЦИИ

¹Леви́нцев В.А., ²Леви́нцев А.Н.¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Санкт-Петербург, e-mail: vlevensov@spbstu.ru;²ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики»,
Санкт-Петербург, e-mail: drlev@mail.ru

В данной статье показана роль бережливого производства в современных условиях хозяйствования. Представлена концепция производственной системы «Тойоты» по снижению производственных потерь. Проанализировано становление бережливого производства. Поставлена задача по выявлению проблем цифровизации бережливого производства. Представлен процесс цифровой трансформации промышленного предприятия. Показаны основные технологические направления, предоставляющие компаниям конкурентные преимущества, а также цифровые инструменты, усиливающие преимущества бережливого производства. Определена основная цель цифрового бережливого производства. В работе указано, что трансформация промышленности, породившая «цифровое бережливое производство», открыла для промышленности совершенно новые возможности по снижению потерь и повышению производительности труда. Анализ цифровизации промышленного производства показал, что использование цифровизации процессов бережливого производства показывает высокие результаты по всем аспектам его производственных операций, но не все процессы могут быть ей подвержены. Выявлены основные проблемы реализации цифровизации бережливого производства в нашей стране. Кроме того, до сих пор среди ученых нет единства мнений в том, каково влияние цифровизации и бережливого производства друг на друга. Сделан вывод о том, что решение указанных проблем цифровизации бережливого производства позволит ускорить темпы ее реализации, что приведет к повышению производительности труда в промышленности при одновременном снижении издержек.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, бережливое производство, этапы, проблемы цифровизации

LEAN PRODUCTION AND PROBLEMS OF ITS DIGITALIZATION

¹Leventsov V.A., ²Leventsov A.N.¹Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg,
e-mail: vlevensov@spbstu.ru;²Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics,
Saint Petersburg, e-mail: drlev@mail.ru

This article shows the role of lean production in modern economic conditions. The concept of the Toyota production system to reduce production losses is presented. The formation of lean production was analyzed. The task was set to identify the problems of digitalization of lean production. The process of digital transformation of an industrial enterprise is presented. The main technological directions are shown, providing companies with competitive advantages, as well as digital tools that enhance the advantages of lean production. The main goal of digital lean production has been determined. The work states that the transformation of industry, which gave rise to «digital lean production,» opened up completely new opportunities for industry to reduce losses and increase labor productivity. An analysis of the digitalization of industrial production showed that the use of digitalization of lean production processes shows high results in all aspects of its production operations, but not all processes can be subject to it. The main problems of the implementation of digitalization of lean production in our country have been identified. In addition, there is still no unity of opinion among scientists in what the impact of digitalization and lean production is on each other. It was concluded that the solution of these problems of digitalization of lean production will speed up the pace of its implementation, which will lead to an increase in labor productivity in industry while reducing costs.

Keywords: digitalization, digital transformation, lean manufacturing, stages, problems of digitalization

В современных условиях глобализации, цифровизации и интернационализации производственных процессов, приводящих к сокращению жизненного цикла продуктов труда, для удержания своей доли рынка и повышения конкурентоспособности предприятия нуждаются в минимизации своих затрат. Это возможно в случае создания производственной системы, базирующейся на принципах бережливого производства [1, с. 993].

Несмотря на то, что концепция минимизации издержек и потерь возникла бо-

лее 70 лет назад вследствие нехватки ресурсов японских автомобильных заводов, обусловленных последствиями Второй мировой войны, а непосредственно терминология «lean» – бережливое производство была введена в 1988 г. Д. Крафчиком, она до настоящего времени остается важной. Кроме того, в последние годы трансформация промышленности, обусловленная цифровизацией экономики, породила «цифровое бережливое производство» («digital lean»).

Анализ цифровизации промышленного производства показывает, что не все процессы могут быть ей подвержены. Кроме того, многие ученые не могут прийти к однозначному выводу о том, какое влияние оказывают друг на друга цифровизация и бережливое производство в связи с тем, что последнее имеет целью снижение сложности производственных процессов, экономии издержек, в то время как реализация цифровизации удорожает производство.

Все это подтверждает актуальность выбранной темы.

Цель приведенного исследования заключается в выявлении проблем цифровизации бережливого производства.

Материалы и методы исследования

Чтобы достичь поставленной в исследовании цели, авторы проанализировали становление бережливого производства и опыт цифровизации экономики, поспособствовавшей созданию «цифрового бережливого производства».

При написании данной статьи были использованы логические и аналитические методы формализованного представления социально-экономических систем.

Результаты исследования и их обсуждение

Поскольку именно производственная система японской автомобилестроительной компании «Тойота» послужила созданию основ бережливого производства, то представим ее видение этого подхода по снижению производственных потерь: «Концеп-

ция производственной системы “Тойоты” заключается в повышении эффективности производства путем тщательного и последовательного исключения потерь» [2].

В связи с этим бережливое производство можно представить как концепцию управления производственным предприятием, основанную на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь и предполагающую вовлечение в процесс оптимизации производства, при максимальной ориентации на потребителя, каждого сотрудника.

Отправной точкой бережливого мышления является ценность, создаваемая производителем и определяемая потребителем. Поэтому, если рассматривать все процессы как поток создания ценностей, имея целью последовательно сокращать все, не добавляющие ценности товару операции, то как раз бережливое производство и позволяет определить ценность, выстроить все ее создающие действия в наилучшей последовательности, выполнить работы, избегая непроизводительных перерывов и с большей эффективностью [3] (рис. 1).

В связи с тем, что бережливое производство нацелено на создание ценности для клиента, в основании модели производственной системы выделяют ориентированность на него. Работая над устранением операций, не добавляющих ценности, «бережливым» предприятиям удается оптимизировать затраты и делать своим клиентам более интересные ценовые предложения, чем конкуренты, оставаясь с высокой доходностью.



Рис. 1. Бережливое производство как средство устранения потерь

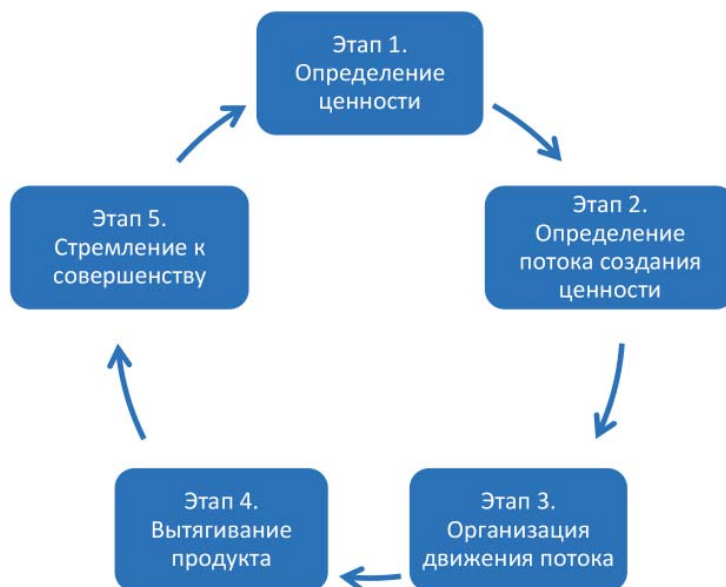


Рис. 2. Основные этапы бережливого производства [3]

Создавать ценности «бережливым» предприятиям помогают сотрудники, поэтому особо выделяют подход «уважения к сотрудникам», когда в организации активно работают над созданием безопасных условий труда, развитием сотрудников, повышением их вовлеченности, особенно в процессы улучшений.

Основные этапы построения бережливого производства представлены на рис. 2.

В свою очередь, под цифровой трансформацией понимается фундаментальное переосмысление клиентского опыта, бизнес-моделей и операций. Это поиск новых возможностей для создания ценности, роста доходов и повышения эффективности работы. Для достижения этих целей компании используют инновационные технологии.

Процесс цифровой трансформации промышленного предприятия представлен на рис. 3.

Анализ процессов с использованием принципов бережливого производства приводит к важному переходу к сознательному внедрению потенциальных улучшений. Даже если вы решите не заниматься цифровизацией, вы получите карту процессов, которая является активной благодаря вовлеченности сотрудников и лучше отражает текущую ситуацию, чем когда-либо прежде.

«Бережливый» анализ позволяет легко обнаружить потери в потоке создания ценности. Однако не все процессы могут быть подвержены цифровизации. Для проведения цифрового анализа процессов необходимо ответить на такие вопросы:

– что должно быть оцифровано?

– зачем оцифровывать?

– как цифровизация процесса повышает ценность для клиента?

В прошлом технологии бережливого производства (lean) позволяли промышленным производителям снижать потери и волатильность производственных процессов, значительно увеличивая выпуск продукции с улучшением ее качества. В последние годы трансформация промышленности, обусловленная цифровизацией экономики, породила «цифровое бережливое производство» («digital lean») и, таким образом, открыла совершенно новые возможности.

Традиционная система бережливого производства (traditional lean) предполагает методологию непрерывного совершенствования процессов, которая основывается на нескольких критериях: системе вытягивания («pull system»), устранении неэффективности производства, обеспечении безошибочных процессов и привлечении всего производственного персонала.

Напротив, цифровое бережливое производство направлено на оптимизацию всей производственной установки, например, путем изменения рабочих процессов, а также анализа отдельных этапов процесса и их последовательности.

Цифровое бережливое производство позволяет компаниям перепрофилировать устаревшие ручные инструменты в более мощное современное оборудование для тщательного тестирования гипотез, моделирования сценариев и расчета подробных затрат, исключая практические эксперименты или фактическую реализацию.

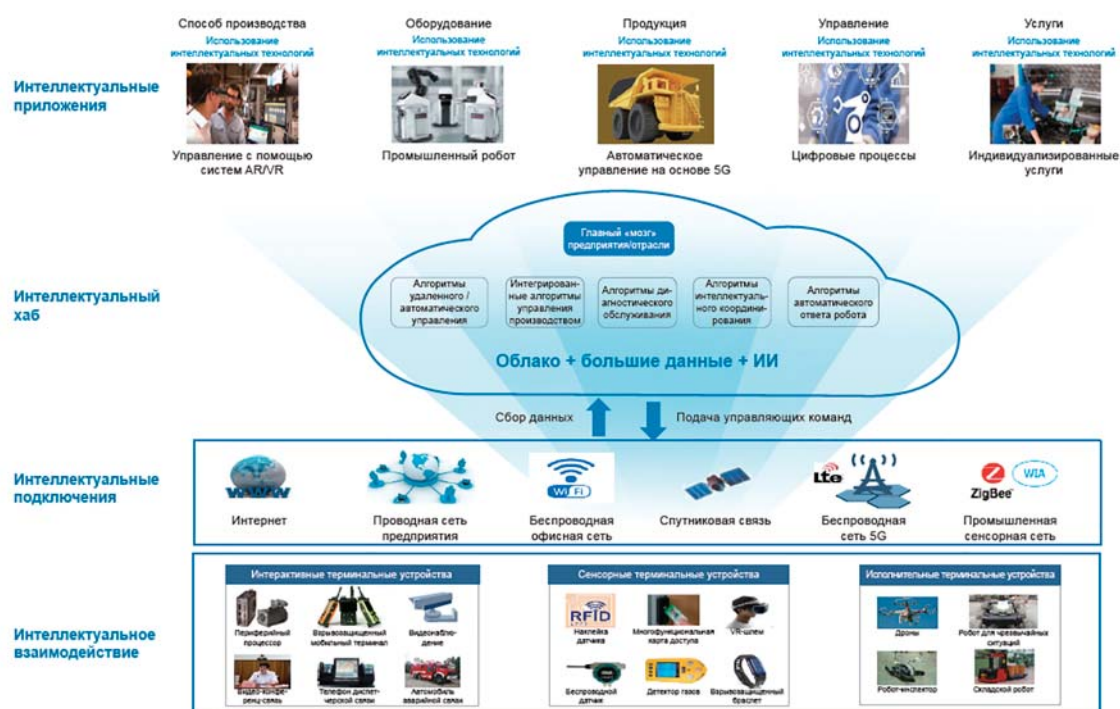


Рис. 3. Процесс цифровой трансформации промышленного предприятия [4]

Сегодня мы можем выделить несколько основных технологических направлений, предоставляющих компаниям конкурентные преимущества, а также цифровые инструменты, усиливающие преимущества бережливого производства, включая:

- роботизацию (RPA);
- проведение анализа больших данных (Big Data) и предиктивной аналитики;
- внедрение и использование чат-ботов;
- использование технологии виртуальной и дополненной реальности (VR/AR);
- внедрение технологии оптического распознавания (OCR/ICR);
- использование технологии Блокчейн;
- использование технологии искусственного интеллекта (AI);
- использование сети Интернет вещей (IoT).

Описывая переход от традиционного к цифровому бережливому производству, стоит отметить такой набор инструментов для бережливого улучшения, который включает в себя производственные и другие рычаги (включая эффективность производственного процесса, повышение качества и производительности, прогнозное обслуживание и многое другое), инструменты улучшения (соответствующие KPI, команды CIP / Kaizen и Six Sigma) и надежные возможности обучения, управления изменениями и производительности.

Как показывает опыт, использование цифровизации процессов бережливого производства показывает высокие результаты по всем аспектам его производственных операций (рис. 4).

Объединение цифровизации и бережливого производства способствует сокращению затрат на 30%, в то время как традиционные инструменты бережливого производства способны уменьшить расходы только на 15%.

Поскольку цифровизация бережливого производства усиливает влияние традиционных его инструментов в таких аспектах, как расширение производства и использование цифровых технологий, то она оказывает гораздо более сильный эффект, чем отдельное применение этих систем.

Это не означает, что каждая компания должна стремиться к цифровому мышлению.

Встречаются случаи, когда требуемый уровень инвестиций в сочетании с оценкой операционных и финансовых рисков, а также тщательной оценкой занимаемой площади показывает, что некоторая отдельная инициатива является более предпочтительным решением.

Цифровизация сама по себе не является универсальным средством решения проблем и не может заменить традиционное бережливое производство.

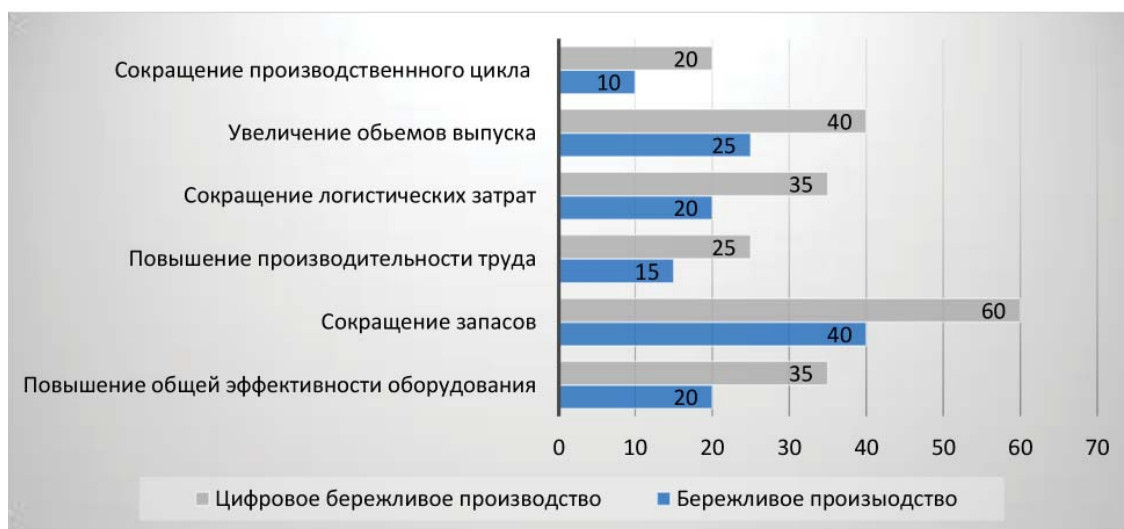


Рис. 4. Цифровизация бережливого производства [5]

	Области применения	Увеличение производительности	Сокращение затрат
IoT	Оптимизация процессов	5-10% продуктивность персонала	5% общих затрат
Big Data	Автономные машины и системы	5-30%	10-15% затраты на ГСМ 5-8% затраты на ТОиР
	Оптимизация технологических режимов	5-10% дополнительного выпуска	10-25% затраты на материалы
Cloud	Предиктивное обслуживание оборудования	5-10% производительного времени оборудования	15% на МТР и услуги подрядчиков

ТОиР – техническое обслуживание и ремонт
МТР – материально-технические ресурсы
ГСМ – горюче-смазочные материалы

Рис. 5. Цифровизация как способ повышения эффективности предприятий [5]

Ключ к снижению производственных затрат при одновременном повышении производительности труда заключается в том, чтобы найти правильную комбинацию цифрового и традиционного бережливого производства, которая соответствует текущей ситуации и желаемому результату.

Для каждого предприятия в современных условиях цифровизации экономики одним из ключевых аспектов эффективного функционирования является наличие

производственной системы с эффективно функционирующими технологиями бережливого производства.

Результаты исследования компании KPMG показали, что наилучший экономический эффект на российских предприятиях дает роботизация производства, использование инструментов предиктивной аналитики и решения, принимаемые на базе анализа Big Data, позволяя повысить производительность труда до 30 % (рис. 5).

Тем не менее реализация цифровизации бережливого производства в России не обходится без проблем, основными из которых являются следующие:

- нехватка квалифицированных рабочих, мастеров, руководителей среднего технического звена на производственных предприятиях;
- низкая стоимость рабочей силы, что, в свою очередь, является сильным тормозящим фактором технического перевооружения и модернизации производства;
- изношенность отечественных производственных мощностей, использование устаревших и неэффективных техники и технологий. Согласно данным McKinsey Global Institute, доля высокотехнологичных отраслей промышленности в добавленной стоимости в России составляет 2%, что в 2 раза ниже, чем в США; в 4 раза ниже, чем в Китае; в 5,5 раз ниже, чем в Южной Корее;
- низкий уровень управленческих и технологических компетенций, слабая развитость механизмов проектного финансирования, а также проблемы переобучения персонала;
- сопротивление части персонала предприятий неизбежным переменам, связанным с внедрением и реализацией цифровизации бережливого производства.

Кроме того, как уже отмечалось нами ранее, не все процессы промышленного производства могут быть подвержены цифровизации. До сих пор среди ученых нет единства мнений в том, каково влияние цифровизации и бережливого производства друг на друга из-за того, что реализация цифровизации из-за больших затрат ведет к удорожанию производства, в то время как бережливое производство направлено на снижение сложности производственных процессов, экономии издержек.

В дополнение к этому не следует забывать и о том, что переход к полностью автоматизированным производствам, свойственный «Индустрии 4.0», способствует высвобождению рабочих мест, тем самым усугубляя проблему занятости населения [6].

Все эти проблемы необходимо учитывать в целях снижения уровня их негативного воздействия на результаты промышленного производства.

Заключение

В данном исследовании показано, что трансформация промышленности, обусловленная цифровизацией экономики и породившая «цифровое бережливое производство» (digital lean), открыла для промышленности совершенно новые возможности по снижению потерь и повышению производительности труда.

В отличие от традиционного цифровое бережливое производство имеет целью оптимизацию всей производственной установки, позволяя компаниям перепрофилировать устаревшие ручные инструменты в более мощное современное оборудование для тщательного тестирования гипотез, моделирования сценариев и расчета подробных затрат, исключая практические эксперименты или фактическую реализацию.

Исследования показали, что наилучший экономический эффект на российских предприятиях дает роботизация производства, а также использование инструментов предиктивной аналитики и решения, принимаемые на базе анализа Big Data.

Однако при реализации цифровизации бережливого производства в нашей стране выявлен ряд проблем, например, нехватка на производственных предприятиях квалифицированных рабочих, мастеров и руководителей среднего технического звена; низкая стоимость рабочей силы; изношенность отечественных производственных мощностей и использование устаревших, неэффективных техники и технологий; сопротивление части персонала предприятий неизбежным переменам, обусловленным внедрением цифровизации, а также разрешения спора между учеными о влиянии цифровизации и бережливого производства друг на друга из-за того, что цифровизация вследствие больших затрат удорожает производство, в то время как бережливое производство направлено на снижение издержек.

Решение этих и некоторых других проблем цифровизации бережливого производства позволит, на наш взгляд, ускорить темпы ее реализации, позволив повысить производительность труда в промышленном производстве при обеспечении снижения издержек.

Список литературы

1. Абушова Е.Е., Кузьмина С.Н., Левенцов В.А., Черникова А.В. Разработка методики оценки уровня «бережливости» предприятия // Экономика и предпринимательство. 2020. № 8 (121). С. 993–997.
2. Оно Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2012. 208 с.
3. Вумек Дж., Джонс Д. Бережливое производство: как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Пер с англ. М.: Альпина Паблишер, 2013. 472 с.
4. Тошаков А. Цифровая трансформация промышленных предприятий. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.huawei.ru/insights/tsifrovaya-transformatsiya-promyshlennyykh-predpriyatiy/> (дата обращения: 06.12.2022).
5. Цифровые технологии в российских компаниях предприятий. [Электронный ресурс]. URL: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/01/ru-ru-digital-technologies-in-russian-companies.pdf> (дата обращения: 09.12.2022).
6. Левенцов В.А., Левенцов А.Н. Цифровое проектирование изделия и процессов производства как фактор повышения эффективности // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 5. С. 63–67.

УДК 004.415

СКРИПТОВЫЕ КЛЮЧИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА¹Лехмус М.Ю., ²Старцева О.Г.¹ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа;²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»,
Уфа, e-mail: lmik63@mail.ru, starcevaog@mail.ru

Современные среды образовательного направления, существующие и проектируемые, основаны на использовании жестких схем процесса обучения, администрирование которых требует от разработчика контента дополнительных знаний и навыков. Эти знания и навыки не всегда просты в использовании и зачастую требуют дополнительных обучающих материалов, справочников и регламентируются специальным персоналом, обслуживающим данный ресурс (администратор ресурса, курса или учебного контента). Предлагаемый к использованию инструмент встраивается в разрабатываемый электронный контент соответствующего курса, с минимальными правками или вообще без них, при загрузке в пользовательскую среду образовательной электронной системы. Дополнительно есть варианты логического ветвления алгоритма прохождения курса в соответствии с тремя образовательными целями и алгоритмическими путями: последовательное изучение электронного контента с контролем знаний и умений в пределах раздела, целостное изучение материалов с контролем знаний и умений в конце учебного курса и потоковое обучение с использованием компонентов электронного курса без контроля знаний и умений как результата обучения, но с отметкой прохождения маршрута обучения в конце каждого раздела (или контрольной точки курса). Таким структурным инструментом могут выступать скриптовые ключи, разработанные специально для этих целей. Их использование позволяет не только регламентировать маршрут прохождения учебного курса, но и оценивать результат каждого этапа (по факту прохождения или с качественной точки зрения, основанной на полученных оценках). Технология, использующая подобного рода элементы управления контентом, призвана реализовать несложный для автора путь комплектования дидактического материала, который обладает свойствами как обучающего, так и контролирующего характера, а именно автоматически мониторит результаты процесса обучения с заранее построенным сценарием, оснащенным строгим регламентом перехода от одной контрольной точки к другой. Скриптовые ключи – это, прежде всего, инструмент контроля маршрута изучения дидактического материала электронного контента.

Ключевые слова: скриптовый ключ, электронный контент, дидактический материал, сервер сценариев, сценарий курса

SCRIPT KEYS FOR EDUCATIONAL CONTENT¹Lekhmus M.Yu., ²Starceva O.G.¹Ufa University of Science and Technology, Ufa;²M. Aknulla Bashkir State Pedagogical University, Ufa,
e-mail: lmik63@mail.ru, starcevaog@mail.ru

Modern environments of educational direction, existing and designed, are based on the use of rigid schemes of the learning process, administration of which requires additional knowledge and skills from the developer of content. This knowledge and skills are not always easy to use and often require additional training materials, references and are regulated by the special personnel maintaining the given resource (the administrator of a resource, course or educational content). The tool offered for use, is built into the developed electronic content of the corresponding course with minimal or no edits, when loaded into the user environment of an educational electronic system. Additionally there are variants of logical branching of algorithm of course passing according to three educational purposes and algorithmic paths: consecutive studying of electronic content with knowledge and skills control within a section, integral studying of materials with knowledge and skills control at the end of the training course and stream learning using components of electronic course without knowledge and skills control as a result of training, but with a mark of the training route at the end of each section (or control point of course) Such a structural tool can be scripting keys, developed specifically for this purpose. Their use allows you to regulate not only the route of the training course, but also to evaluate the result of each stage (by the fact of passing or from a qualitative point of view, based on the grades received). Technology, which uses such elements of content management, is designed to implement an uncomplicated way of completing didactic material, which has the properties of both teaching and controlling, namely, it automatically monitors the results of the learning process with a pre-built scenario, equipped with strict regulations of the transition from one control point to another. Script keys are, above all, a tool to control the route of learning didactic material of electronic content.

Keywords: script key, electronic content, didactic material, Windows Script Host, course script

Спектр цифровых инструментов и веб-сервисов для создания образовательного контента, электронных образовательных ресурсов, портфолио весьма широк. Это системы для создания тестов, сервисы для создания интерактивных упражнений, игр, кроссвордов и викторин, ментальные

карты, онлайн-доски, интерактивные карты и временные оси, инструменты и порталы для создания портфолио, а также открытые ресурсы, образовательные платформы и каналы. Современные образовательные технологии предполагают использование разнообразного цифрового контента, при этом

полностью отсутствует возможность переноса традиционных методов работы в виртуальное пространство [1]. И это естественно, поскольку перенос взаимоотношений в цифру практически всегда гарантирует промежуточный канал коммуникаций. В условиях использования высокотехнологических средств и методов обучения особое место приобретает необходимость отслеживания традиционных параметров учебного процесса, в частности последовательность изучения дидактического материала. Эту процедуру обязательно необходимо отслеживать по нескольким причинам:

- последовательность изучения – это предпосылка более качественных знаний;
- усвоение материала происходит более структурировано, следовательно, и получаемые знания более корректные;
- более логичным становится и сам учебный процесс (без пробелов в усвоении материала).

При реализации цифрового образования эту процедуру можно реализовать за счет системы промежуточного контроля знаний с невозможностью перехода к последующему контенту без усвоения предыдущего. Необходимо установить контроль удаленными средствами хода учебного процесса (приобретения компетенций). Авторы рассматривали вопросы организации процесса дистанционного образования с учетом характеристик студента при подборе индивидуального плана обучения, а также выбора способа подачи информации в процессе обучения и учета качественной самооценки студентом своего уровня знаний [2].

Системы дистанционного образования, как правило, имеют жесткие встроенные средства, возможности использования которых заранее определены разработчиками [3]. Это не всегда удобно, особенно при углубленном контроле областей знаний, связанных, например, с разработкой программного кода. Поэтому возникает задача разработки инструментальных средств, позволяющих организовать процедуры этапов обучения с последующим его контролем. Объем этих средств не должен быть боль-

шим, а функциональность определяться областью знаний. Одним из определяющих направлений применения является обучение в высшей школе. Предлагаемое решение – скриптовые ключи.

Цель исследования – разработка инструмента контроля маршрута изучения дидактического материала электронного контента обучающимся в виде скриптовых ключей.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования использованы системный анализ предметной области, сравнительный анализ цифровых инструментов и веб-сервисов для создания образовательного контента, моделирование сценариев, проектирование и разработка скриптовых ключей электронного контента.

Результаты исследования и их обсуждение

Скриптовый ключ электронного контента позволяет реализовать как минимум две последовательные функции – проверка только что полученных знаний (текущий мониторинг) и реализация возможности доступа (контролируемый вход) к последующим разделам контента (рис. 1).

Условно все скриптовые ключи можно разбить на три группы:

1. Ключи доступа – предполагают возможность отслеживания последовательности изучения дидактического материала. Не осуществляют промежуточного контроля знаний, но предоставляют контролируемую возможность перехода между разделами. Завершаются, как правило, финальным контролем знаний.

2. Ключи промежуточного контроля – кроме контроля перехода от главы к главе реализуют контролируемую проверку знаний.

3. Ключи окончания работы – не позволяют завершить взаимодействие с контентом без утвержденного порога знаний.

Функционально возможна любая комбинация этих ключей. Настройка производится из общего интерфейса настройки контента.

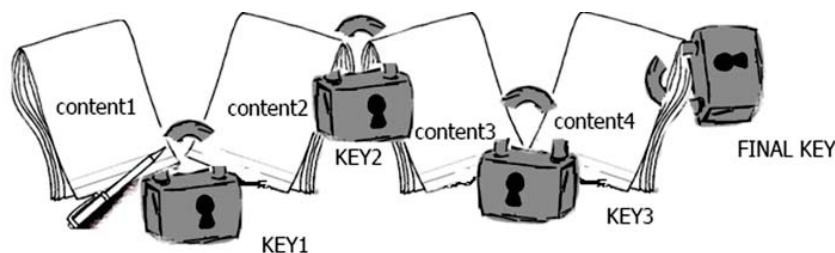


Рис. 1. Структура дидактического материала со скриптовыми ключами

Контроль компетенций студентов с использованием скриптовых ключей возможен при наличии соответствующих правил контроля полученных знаний. Правила могут быть представлены в формализованном виде или в виде неформализованных вопросов контроля. Большинство систем формализованного представления контрольных вопросов называется тестовыми системами. Тестовые системы используются как при текущем мониторинге знаний студентов, так и при окончательном контроле с выводом итоговой оценки знаний. Большинство систем исполнения тестов, представляют собой совокупность развитого интерфейса с базами данных вопросов – ответов. Системы включают в свой состав тесты четырех основных типов и требуют достаточно однозначного ответа на каждый вопрос. При этом результат выводится как процентная или абсолютная величина оценки знаний студента на конкретную сумму вопросов.

Выполняемая скриптовым ключом функция контроля промежуточных знаний может быть построена в соответствии с различными алгоритмами, в частности это может быть тестовая система, или система контроля технологии, или система контроля хода проекта. Получаемые в результате итоги проверки компетенций являются совокупностью всех контрольных точек всех скриптовых ключей. Реализация каждой контрольной точки строго зависит от автора и изучаемого материала. Основные качественные характеристики скриптового ключа при выполнении этой функции могут быть сведены к следующим показателям:

- естественный симбиоз с образовательным ресурсом;
- возможность доставки результата на сервер;
- разнообразие формируемых средств контроля;
- отслеживание процесса контроля;
- строгое соответствие контента скриптового ключа контенту изучаемого дидактического материала.

Эти показатели в совокупности предусматривают достаточно интересный подход к реализации контроля знаний скриптовым ключом. В частности, если присутствуют соответствующие средства и компоненты систем программирования, можно отслеживать алгоритмы разработки программного кода или алгоритмы сценариев соответствующих сред (например, среды операционной системы Windows при контроле знаний сервера сценариев Windows Script Host). Полученные в ходе проверки компетенций программные модули могут в дальнейшем

использоваться скриптовым ключом следующего уровня. Эта взаимосвязь порождает достаточно сложную алгоритмическую конструкцию, которая может служить финальным контролем знаний.

Скриптовый ключ может быть реализован по-разному, при этом совокупность алгоритмов проверки знаний может реализовываться как комбинация разных типов структур. Результат также может представлять собой множество совокупностей из разных критериев. Использование скриптовых ключей предполагает решение задач предварительной настройки, в частности по сложности скриптового ключа и по количеству вопросов, которое он может содержать. Структуры алгоритмов работы скриптовых ключей промежуточного контроля четко соотносятся с типами тестовых заданий (единичный и множественный выбор, соответствие, заполнение контентом окна ответа, упорядочение и встраивание в программный модуль создаваемого фрагмента кода) и в целом зависят от требований разработчика (он же автор контента).

Регламент вывода результата предполагает разный подход отображения как по единицам измерения (абсолютный и относительный), так и по принципу показателя прохождения (прошел, не прошел). Альтернативный алгоритм работы скриптового ключа предусматривает возможность реализации фрагментов программного кода на изучаемом языке программирования. При этом выбор варианта алгоритма составляемого фрагмента программного кода выбирается случайным образом, но вариант отображается на экране.

В соответствии с вариантом выбирается задача с определенным алгоритмом. Необходимо описать шаги алгоритма на соответствующем языке. Результатом должна быть исполняемая программа, причем программа формируется в коде заданного языка (рис. 2).

Обработка результата работы программы соответствует правилам выбранного для проверки языка программирования. Как минимум создаваемый программный код проверяется на правильность использования конструкций: синтаксических – написание программного кода, семантических – правила установки соответствующих взаимосвязей как используемых команд между собой, так и команд с внешними обработчиками. Результат выполнения также может быть оценен на достоверность. При этом все варианты должны быть заранее просчитаны, а алгоритмы должны жестко соответствовать введенным условиям вариантов заданий.

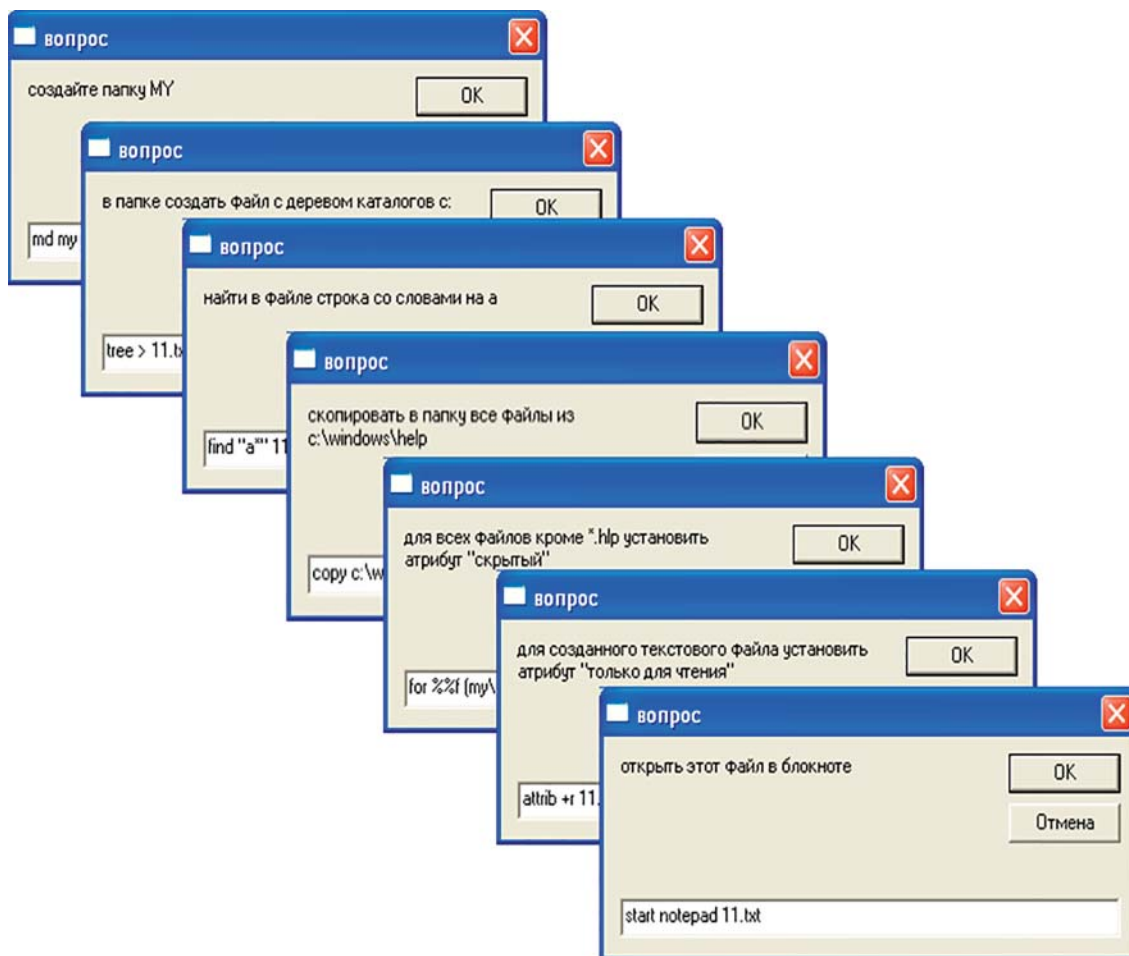


Рис. 2. Окна ввода кода исполняемого файла

При случайном формировании алгоритма предлагаемой задачи значительно расширяется вариативность получаемого кода, что усложняет просчет результата. В любом случае достоверность результата может быть оценена если не автоматически, то вручную при помощи скриптового ключа, поскольку он компилирует необходимую для отработки информацию.

Код получаемого фрагмента программы отображается в соответствующем приложении. Например, код командного файла по заданию в блокноте (рис. 3).

Скриптовый ключ обладает высокой степенью подвижности и по параметрам количественной оценки, и по параметрам качества. Вместе со встраиваемостью он может быть реализован как самостоятельный контент.

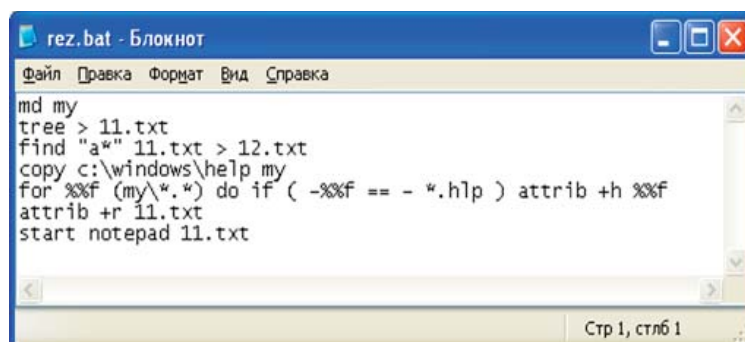


Рис. 3. Результирующий файл теста

Все это можно использовать при разработке более глобальных систем, например, в образовательные среды или порталные системы поддержки учебного процесса, в частности для подсистемы формирования отчетов студентов по результатам выполнения практических, лабораторных и семинарских занятий по дисциплинам изучаемого курса или в соответствии с учебным планом [4].

В соответствии с алгоритмами построения маршрута изучения контента возможны три пути оценки результатов:

- полный контроль: оценка строится на основе всех промежуточных и конечного контроля;
- бесконтрольное прохождение маршрута;
- настраиваемая система контроля, которая подразумевает наличие всех промежуточных этапов контроля с учетом весовых коэффициентов, устанавливаемых автором контента.

Полный контроль результата изучения контента предполагает обязательное наличие оценок, обработанных каждым установленным скриптовым ключом, без возможностей пропуска или бесконтрольного прохождения. Результат получается на основании математической обработки каждого ключа в соответствии с формулой

$$R_S = \sum_{n=1}^k R_n \times VK_n, \quad (1)$$

где R_S – итоговая оценка прохождения маршрута;

R_n – оценка текущего этапа изучения, выдаваемая скриптовым ключом;

VK_n – весовой коэффициент скриптового ключа.

Основная настройка контроля подразумевает установку предельных значений для каждого элемента, входящего в формулу (1).

Бесконтрольное прохождение маршрута дидактического материала через скриптовые кличи характеризуется лишь фактом перехода от одной главы контента к другой, поэтому для контроля изучения выбирается логическая функция конъюнкции. Результат формируется в виде логического значения факта прохождения каждого скриптового ключа:

$$R_S = \bigvee_{k=1}^n R_n, \quad (2)$$

где R_n – результат прохождения текущего этапа (пройден или не пройден).

Настраиваемая система содержит пользовательские установки, в соответствии с которыми можно ввести в состав дидакти-

ческого материала как качественно контролируемые главы, так и главы с зафиксированным фактом прохождения (без оценки). Обобщенная формула (3) отображает двойной контроль каждого этапа:

$$R_S = \sum_{n=1}^k (R_n \times VK_n) \times P_n, \quad (3)$$

где P_n – признак контролируемости этапа (коррелирует с VK_n).

Каждый алгоритм оценки может быть легко настроен под конкретного пользователя с конкретным диапазоном решаемых задач [5].

Дальнейшее развитие технологии скриптовых ключей позволит реализовать более сложные дидактические материалы, что интересно не только разработчику, но и потребителю контента. В частности, возможно использование этих средств для разработки образовательных квестов, а веб-квесты – это не только инновационный метод обучения и контроля полученных знаний преподавателем, но и новый метод получения (или, точнее сказать, «добывания») знаний студентами, т.е. отказ от навязывания готовых ответов. Здесь преподаватель выступает в роли помощника, который скорее направляет самостоятельный творческий процесс поиска ответов на поставленные вопросы в веб-квесте. Скриптовый ключ в этом случае может выступать генератором вопросов, а вопросы веб-квеста являются своеобразным «скелетом» его выполнения [6, 7].

Заключение

Работа со скриптовыми ключами в режиме удаленного доступа позволяет организовать процедуру проверки знаний даже без наличия необходимых программных средств, в частности без сред программирования и средств контроля исполнения сценариев.

Скриптовые ключи отслеживают последовательность изучения дидактического материала, причем эта последовательность может быть оценена на основании каждого уровня последовательности и завершающего контроля, как итога прохождения образовательного маршрута.

Скриптовый ключ дает качественную оценку изученному материалу на основании последовательно полученных результатов каждого этапа изучения контента.

Использование скриптовых ключей расширяет возможности проведения процесса обучения, привнося в него элементы квестового прохождения материала с обязательным контролем перехода от уровня к уровню.

Список литературы

1. Панюкова С.В. Цифровые инструменты и сервисы в работе педагога: учебно-методическое пособие. М.: Прогресс, 2020. 33 с.
2. Нецветова К.М., Старцева О.Г., Богданова Д.Р., Котельников В.А. Управление процессом оказания дистанционных образовательных услуг на основе учета индивидуальных особенностей студентов // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 9. С. 90–94.
3. Матяш Н.В. Инновационные педагогические технологии: Проектное обучение. М.: Academia, 2018. 256 с.
4. Лехмус М.Ю. Представление методического материала на тему: «WEB-квесты в учебном процессе». М.: Прометей, 2018. 32 с.
5. Бочко С.М. Математическая модель результатов тестирования // Вестник ТГПУ. 2004. № 6. С. 88–93.
6. Dodge B. Creating WebQuests. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://webquest.org/> (дата обращения: 07.11.2022).
7. Багузина Е.И. Разработка веб-квестов и преимущества их использования в процессе обучения // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2010. № 1. С. 9-13.

УДК 004:621.396.96:551.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОИСКА ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ОСЕЙ СИНФАЗНОСТИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

¹Петрова Е.А., ²Соколов К.О., ²Прудецкий Н.Д., ¹Ведехин К.Э.¹ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Якутск, e-mail: ea.petrova@s-vfu.ru;²Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения
Российской академии наук, Якутск, e-mail: k.sokolov@ro.ru

На сегодняшний день весьма актуальными являются задачи, связанные с созданием программных алгоритмов для анализа и интерпретации данных георадиолокационных исследований. Подобные автоматизированные системы позволяют быстро и с минимальными затратами делать предположения о свойствах горных пород, строить разрезы и выделять геологические слои с высокой степенью достоверности. Современные программные системы с использованием методов машинного обучения успешно решают задачи классификации и обнаружения объектов на изображениях. В статье приведены результаты исследования возможности применения моделей сверточной нейронной сети для поиска образов гиперболических осей синфазности на изображениях георадиолокационных радарограмм. Обучение моделей проводилось на примере данных георадиолокационных зондирований массива многолетнемерзлых горных пород. Для повышения эффективности обучения нейронной сети к набору данных были применены некоторые методы, предоставляемые библиотекой Albumentations пакета PyTorch: повышение контрастности и яркости, размытие и т.п. Использование данных методов позволило также обойтись сравнительно малым объемом данных для обучения. Итоги тестирования обученной модели по поиску осей синфазностей сигналов показали точность обнаружения 50% по метрике mAP с пороговым значением IoU, равным 0,5. Результаты данного исследования будут использованы авторами в программном приложении, созданном для исследований электрофизических свойств горных пород.

Ключевые слова: метод георадиолокации, гиперболические оси синфазности, оси дифракции, глубокие нейронные сети, сверточные нейронные сети

USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS TO SEARCH FOR HYPERBOLIC AXES OF IN-PHASE GEORADOLocation SIGNALS

¹Petrova E.A., ²Sokolov K.O., ²Prudetskiy N.D., ¹Vedekhin K.E.¹M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: ea.petrova@s-vfu.ru;²Institute of Mining of the North named after N.V. Cherskiy of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: k.sokolov@ro.ru

To date, the tasks related to the creation of software algorithms for the analysis and interpretation of georadolocation research data are very relevant. Such automated systems make it possible to make assumptions about the properties of rocks quickly and at minimal cost, to build sections and to isolate geological layers with a high degree of reliability. Modern software systems using machine learning methods successfully solve the problems of classification and detection of objects in images. The article presents the results of a study of the possibility of using convolutional neural network models to search for images of hyperbolic axes of common phase in images of geo-radar radarograms. The training of the models was carried out on the example of the data of geo-radar sounding of an array of permafrost rocks. To increase the efficiency of neural network training, some methods provided by the Albumentations library of the PyTorch package were applied to the data set: increasing contrast and brightness, blurring, etc. Using these methods also made it possible to dispense with a relatively small amount of training data. The results of testing the trained model for finding the axes of common-mode signals showed a detection accuracy of 50% according to the mAP metric with an IoU threshold value of 0.5. The results of this study will be used by the authors in a software application created for the study of the electrophysical properties of rocks.

Keywords: gpr, hyperbolic axes of in-phase, diffraction axes, deep neural networks, convolutional neural networks

Метод георадиолокации в настоящее время является наиболее передовым и производительным методом при решении задач инженерно-геологических исследований. Основанием метода служит изучение отклика объектов зондируемой среды, различающихся электрическим сопротивлением и диэлектрической проницаемостью [1]. В георадиолокации одним из классических способов определения диэлектрической проницаемости среды является использование осей синфазности, образованных

локальными неоднородностями, залегающими в ее толще. Такие объекты образуют на изображениях радарограмм выраженные линии гиперболических форм. По кривизне гиперболической кривой и ее пространственно-временному положению на профиле радарограммы вычисляется диэлектрическая проницаемость среды. Это позволяет строить предположения о геологическом строении массива горных пород выше объекта дифракции, его структуре и глубине залегания.

Цель исследования – автоматизация обнаружения гиперболических осей синфазности в результатах георадиолокационных измерений массива мерзлых горных пород.

С точки зрения исследований георадиолокационные данные являются достаточно сложным объектом. Данная сложность часто обусловлена присутствием различного вида шума и помех. Вследствие чего линии осей синфазности не всегда четко визуализируются на изображениях георадиолокационных радарограмм. Поэтому обработка таких данных часто требует значительного времени. Несмотря на то, что задача интерпретации данных георадиолокации частично автоматизирована, основная нагрузка лежит на плечах оператора-геофизика. Таким образом, автоматизация процедур обработки и интерпретации данных георадиолокационных исследований является важной задачей не только для сокращения времени обработки, но и для получения достоверного результата.

Искусственные нейронные сети глубокого обучения успешно зарекомендовали себя в распознавании образов на изображениях, даже достаточно зашумленных. В данной работе для локализации гиперболических образов на изображениях радарограмм были применены искусственные нейронные сети на основе алгоритмов Faster R-CNN. Faster R-CNN – архитектура детектирования образов, разработанная в компании Microsoft, основана на сверточных нейронных сетях с оригинальной методикой системы якорей. Несмотря на появление в последние годы новых алгоритмов, показывающих более низкий процент ошибок, модели на основе Faster R-CNN стабильно не уступают им и держатся в лидерах.

Схема алгоритма Faster R-CNN [2] приведена на рис. 1.

На вход сети подается тензор изображения любого размера, который проходит через сверточные слои (Conv Layers). Из каждого слоя извлекаются признаки (Feature Maps), которые проходят через сеть регионов – Region Proposal Networks (RPN) – сеть региональных предложений. RPN – это центральный элемент Faster R-CNN. Распознанные регионы подаются затем на полносвязные слои, вместе с признаками (Feature Maps), отобранными после генерации регионов признаков. Последнее позволяет эффективно увеличивать скорость обучения сети без потери качества. В итоге на полносвязных слоях каждый прямоугольный регион получает свою оценку принадлежности объекту, также уточняются координаты регионов.

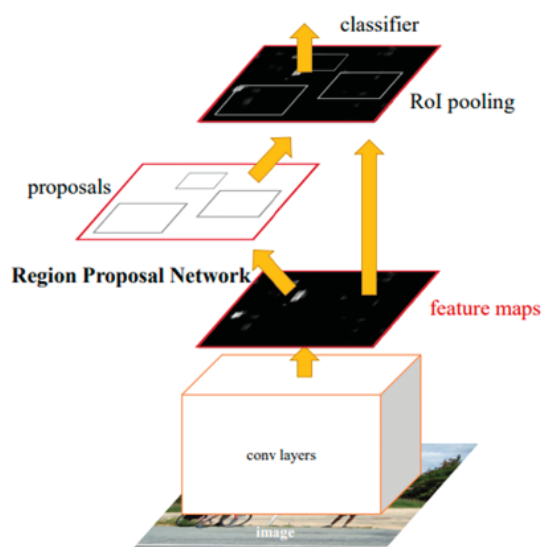


Рис. 1. Архитектура Faster R-CNN.
Центральное звено – модуль RPN

Материалы и методы исследования

Для обучения и тестирования модели нейронной сети были использованы модули из программного пакета PyTorch – платформы машинного обучения с открытым исходным кодом [3]. Модули PyTorch позволяют создавать модели данных, основанные на известных архитектурах нейронных сетей глубокого обучения: resnet, alexnet, squeezeNet, vgg16, densenet, inception и т.д.

Набор данных был подготовлен в созданном авторами приложении для разметки регионов и формирования xml-файлов описаний. Структура файлов описаний была создана на основе формата Pascal VOC [4] – один из рекомендуемых форматов для обучения моделей нейронных сетей детектирования объектов. Координаты ограничивающей рамки кодировались четырьмя значениями в пикселях: x_{min} и y_{min} – координаты верхнего левого угла ограничивающей рамки, x_{max} и y_{max} – координаты нижнего правого угла. Размеры изображений были установлены равными 640x640 пикселей с разрешением 72 dpi.

При обучении сети к тренировочной выборке были применены некоторые методы, предоставляемые библиотекой Albumentations [5] пакета PyTorch:

- RandomBrightnessContrast (порог яркости = 0.5, порог контрастности = 1, $p = 0.1$);
- RandomGamma ($p = 0.2$).

Использование методов аугментации помогает бороться с переобучением и повышает производительность глубоких нейронных сетей.

Для создания набора данных было использовано 330 изображений радарограмм, на каждой из которых были размечены от 2 до 10 регионов. Возможности функций библиотеки Albumentations были применены также для увеличения объема набора данных. Такие трансформации, как Blur, HorizontalFlip, RandomBrightnessContrast, RandomGamma, позволили расширить набор данных приблизительно в 5 раз. Изображения и файлы с разметкой были разбиты на обучающую и тренировочную выборку в соотношении 6:1.

Для обучения были взяты предварительно обученные модели, что позволило сократить время обучения по сравнению с обучением с нуля. Были использованы следующие модели сверточных нейронных сетей:

- ConvNext;
- DarkNet;
- EfficientNet;
- MbV3;
- SqueezeNet;
- MobileNetV3;
- Nano;
- ResNet50.

Для корректировки весов сети в качестве оптимизаторов обучения моделей были использованы два наиболее распространенных метода: SGD – стохастический градиентный спуск и Adam – адаптивная оценка момента. Оптимизатор SGD был выбран с использованием скользящего среднего: импульс $\text{momentum} = 0.9$ и Nesterov Accelerated Gradient в значении True, что обеспечивает быструю сходимость и уменьшает колебания. Шаг обучения был установлен минимальным: $\text{learning rate} = 0.001$. Для Adam были установлены $\text{lr} = 0.001$ и $\text{weight_decay} = 0.0005$. Был выбран оптимизатор SGD, который по результатам обучения показал лучшую сходимость.

Обучение моделей проводилось с использованием видеокарты NVIDIA GeForce RTX 3060. Настраиваемые параметры обучения:

- количество эпох – 100;
- размер пакетов – 6;
- алгоритм оптимизации – SGD ($\text{learning rate} = 0.01$; $\text{momentum} = 0.9$; $\text{Nesterov} = \text{true}$).

Для анализа результатов обучения была использована оценка точности предсказания регионов по метрике mAP (mean Average Precision) [6] – популярная метрика измерения точности алгоритмов детекторов объектов, таких как Faster R-CNN, SSD и т.д.

$$mAP = \int_0^1 p(r) dr .$$

Для оценки mAP используются следующие вычисления: precision – сколько положительных предсказаний оказались верными; recall – сколько положительных предсказаний были верными среди всех истинно верных случаев.

$$\text{precision} = TP / (TP + FP),$$

$$\text{recall} = TP / (TP + FN)$$

где TP (true positive) – предположение о принадлежности объекта классу было верным, FP (false positive) – предположение о принадлежности объекта классу было неверным, FN (false negative) – предположение о непринадлежности объекта классу было неверным.

IoU (Intersection over Union) – процент перекрытия предсказанной областью его реальной области нахождения. Для расчета точности модели были определены пороги IoU: до 0.5 и от 0.5 до 0.95.

Результаты исследования и их обсуждение

Расчет точности детектирования объектов оценивался на изображениях валидационного набора данных, не участвовавших в обучении. По результатам обучения лучший показатель точности детектирования по оценке mAP показала предварительно обученная модель ResNet50 FPN V2 (рис. 2).

Глубокие нейронные сети позволяют решать задачи повышения эффективности работы сети, но при увеличении количества сверточных слоев часто возникает проблема: стабильно возрастающая точность через несколько эпох начинает резко падать. Модели классов ResNet (Residual Network) [7] были разработаны для решения этой проблемы. Главной особенностью архитектуры сетей ResNet является наличие «остаточного обучения» – дополнительная передача признаков через два следующих слоя. Это дает возможность сохранять более детальную информацию со слоев (рис. 3).

Анализ результатов тестирования обученной модели показал обнаружение множественных близко расположенных/наложенных друг на друга, а также отображенных лишь частично гиперболических осей синфазности. Пример успешного обнаружения искомых объектов приведен на рис. 4, а. Однако большинство размеченных регионов набора данных содержат размытые, малоконтрастные образы гиперболических осей, которые не были локализованы. Это объясняет небольшой процент точности, равный 50% по метрике mAP (рис. 4, б).

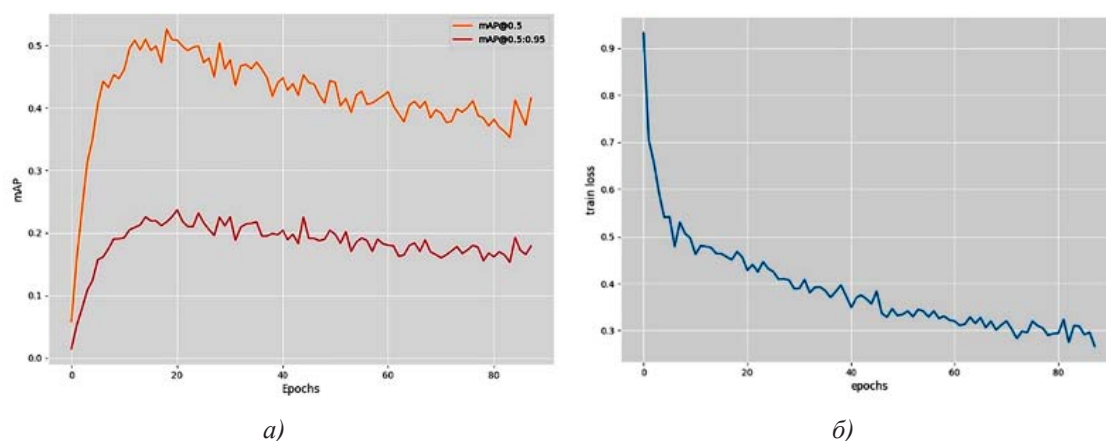


Рис. 2. Результаты обучения сети: а) оценка точности по метрике mAP; б) график ошибки обучения тренировочного набора данных

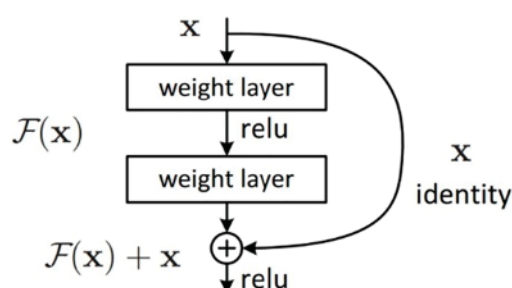


Рис. 3. Строительный блок сети ResNet

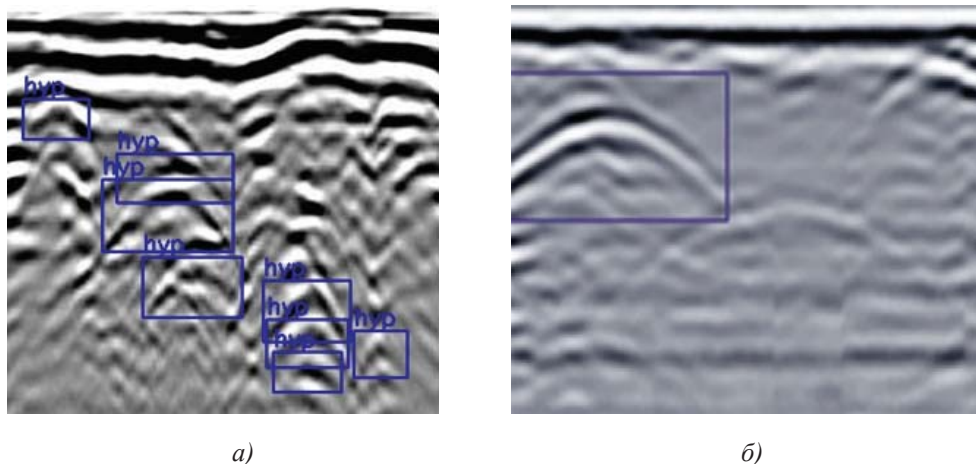


Рис. 4. Примеры результатов тестирования:
а) с максимальным количеством локализованных образов;
б) с нелокализованными образами

Заключение

Обработка результатов георадиолокационных исследований является сложной технической задачей из-за наличия на радарограммах большого количества помех и шума различного характера: переотра-

жение, рассеяние волн и пр. Состав исследуемого грунта также влияет на картину сигналов на радарограмме: например, во влажных глинистых грунтах радиоволны быстро затухают. По этим причинам задача достоверного определения состава под-

почвенной среды традиционно решается в комплексе с другими дорогостоящими методами: сейсморазведка, бурение и пр.

На сегодняшний день существует достаточно много успешных исследований в использовании нейронных сетей для автоматизации обработки георадарных данных. Авторы работы также применили алгоритмы искусственных нейронных сетей глубокого обучения для интерпретации результатов георадиолокационных измерений.

Полученное значение эффективности модели составило 50 % при IoU = 0.5 и 20 % при допуске IoU от 0.5 до 0.95, что является показателем малой успешности результатов обучения по метрике mean Average Precision. В данное время авторы продолжают работу по исследованию моделей сверточных нейронных сетей для повышения процента точности обнаружения. В частности, ведется работа по увеличению количества и качества данных и подбору/настройке параметров и гиперпараметров сети. Кроме того, планируется деление общего класса набора данных на несколько классов в зависимости от расположения осей синфазностей на временной оси. Данное изменение объясняется тем, что характер рисунка осей синфазности при увеличении глубины сканирования меняется: изображение становится размытым, бледным и нечетко визуализируемым. Такие изображения лучше выделить в отдельный класс.

Объем обучающего набора данных был расширен благодаря использованию методов аугментации программного пакета PyTorch. Кроме того, за счет применения некоторых методов аугментации также и при обучении модели удалось повысить процент точности детектирования. Например, показатель точности изменился с 25 до 40 % уже только

при добавлении функции яркости/контрастности (RandomBrightnessContrast).

При достижении оптимальной точности локализации искомым объектам результаты работы планируется использовать авторами в приложении, предназначенном для исследования электрофизических свойств грунта. Таким образом, результаты данного исследования помогут эффективно и на более качественном уровне проводить работы по выявлению свойств горных пород и построению разрезов геологических слоев.

Список литературы

1. Петрова Е.А., Соколов К.О. Автоматизация выделения гиперболических осей синфазности георадарных сигналов, дифрагированных от локальных неоднородностей // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 11. С. 61–67.
2. Shaoqing Ren et al. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. Advances in neural information processing systems. 2015. Т. 28. [Электронный ресурс]. URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2015/hash/14bfa6bb14875e45bba028a21ed38046-Abstract.html> (дата обращения: 14.12.2022).
3. Ян Пойнтер. Программируем с PyTorch: Создание приложений глубокого обучения // СПб.: Питер, 2020. 256 с.
4. Everingham M., Winn J. The PASCAL visual object classes challenge 2012 (VOC2012) development kit. Pattern Anal. Stat. Model. Comput. Learn., Tech. Rep. 2012. Т. 2007. [Электронный ресурс]. URL: http://host.robots.ox.ac.uk/pascal/VOC/voc2012/devkit_doc.pdf (дата обращения: 14.12.2022).
5. Buslaev A. et al. Albumentations: fast and flexible image augmentations. Information. 2020. Т. 11. No. 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/11/2/125> (дата обращения: 14.12.2022).
6. Padilla R., Netto S.L., Da Silva E.A.B. A survey on performance metrics for object-detection algorithms // 2020 international conference on systems, signals and image processing (IWSSIP). IEEE, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9145130> (дата обращения: 14.12.2022).
7. He K. et al. Deep residual learning for image recognition. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016. С. 770–778. [Электронный ресурс]. URL: https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2016/html/He_Deep_Residual_Learning_CVPR_2016_paper.html (дата обращения: 28.12.2022).

УДК 004.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЕЩАЕМОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ АКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ КОХОНЕНА

Родионов А.В.*ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет», Иркутск, e-mail: avr-v@yandex.ru*

На современном этапе развития образования в образовательных учреждениях достаточно четко прослеживается тенденция включения в учебный процесс электронных онлайн-курсов, которые реализуются с использованием различных систем управления образовательным контентом, в частности Moodle. При этом подчеркивается важность обеспечения достаточного уровня качества этих курсов для поддержания эффективности обучения. Для оценки качества электронных курсов используются различные квалиметрические модели, предполагающие формирование определенного набора показателей качества курса, которые могут быть оценены и впоследствии агрегированы. В такие наборы обычно входит множество показателей, связанных с качеством учебного материала, формами его подачи, техническими и финансовыми параметрами. В статье обосновывается значимость включения в такой набор показателя «интерес обучающегося», так как востребованность учащимися на протяжении всего периода обучения материалов электронного курса является важным критерием качества опубликованного материала. Такую востребованность можно оценить посредством анализа посещаемости электронного курса, при этом важно учитывать не только количество посещений курса, но и то, как посещаемость курса распределяется в течение всего периода работы с электронным курсом. В работе проводится исследование зависимости посещаемости электронных курсов от их структуры и содержания. Проведена кластеризация курсов с использованием нейронной сети Кохонена. В результате проведенного анализа определены три основных профиля посещаемости, которые соответствуют трем группам (кластерам) курсов, определены основные характеристические особенности этих групп. Построенные профили посещаемости могут быть использованы в качестве основы для классификатора курсов и их последующей оценки.

Ключевые слова: электронный курс, посещаемость курса, профиль посещаемости, нейронная сеть, качество курса

RESEARCH ON THE TRAFFIC OF ELECTRONIC COURSES TO BUILD USER ACTIVITY PROFILES USING A KOHONEN NETWORK

Rodionov A.V*Baikal State University, Irkutsk, e-mail: avr-v@yandex.ru*

At the present stage of development of education in educational institutions, there is a fairly clear tendency to include electronic online courses in the educational process, which are implemented using various educational content management systems, in particular, Moodle. This highlights the importance of ensuring that these courses are of sufficient quality to maintain learning effectiveness. To assess the quality of electronic courses, various qualimetric models are used, which involve the formation of a certain set of course quality indicators that can be evaluated and subsequently aggregated. Such sets usually include many indicators related to the quality of educational material, the forms of its presentation, technical and financial parameters. The article substantiates the importance of including the «student interest» indicator in such a set, since demand by students throughout the entire period of study of e-course materials is an important criterion for the quality of the published material. This demand can be assessed by analyzing the e-course attendance, and it is important to consider not only the number of course visits, but also how the course attendance is distributed throughout the entire period of work with the e-course. The paper investigates the dependence of the attendance of electronic courses on their structure and content. Courses were clustered using the Kohonen network. As a result of the analysis, three main attendance profiles have been identified that correspond to three groups (clusters) of courses, and the main characteristic features of these groups have been identified. The constructed attendance profiles can be used as the basis for a classifier of courses and their subsequent evaluation.

Keywords: e-course, course attendance, attendance profile, neural network, course quality

В настоящее время образовательные учреждения активно внедряют в учебный процесс электронные онлайн-курсы, используя различные системы управления учебным контентом, например Moodle. Причем часто речь идет не только о дистанционном, но и об очном и смешанном обучении, когда электронные курсы обеспечивают информационную, методическую и технологическую поддержку образовательного процесса. Для того, чтобы не потерять эффективность обучения и представлять интерес для обучающихся, электронные курсы должны быть достаточно высокого качества. При этом само понятие «качество» одно-

значно не определено и существуют разные подходы к его оценке [1]. В рамках квалиметрического подхода, который нашел свое отражение в ряде работ [2–4], процедура оценивания предполагает формирование некоторого набора показателей качества курса, которые можно каким-либо образом оценить с последующей «сверткой» оценок этих показателей для формирования итоговой (интегральной) оценки электронного курса [4, 5].

В числе показателей, характеризующих качество электронного курса, важное место занимает показатель, который можно назвать «интерес обучающегося». Работа

с электронным онлайн-курсом объективно предполагает ограничение контактов учащегося с преподавателем, вследствие чего курс необходимо разрабатывать и использовать таким образом, чтобы минимизировать возникающие дидактические потери. Это предполагает активную работу с электронным курсом как студента, так и преподавателя, преподаватель, в частности, должен использовать различные мультимедиа и интерактивные элементы, позволяющие обеспечить двухстороннее взаимодействие с обучающимся, выставление оценок, публикацию отзывов и рецензий, а студент, в свою очередь, может обращаться с вопросами по материалам курса и пр.). Все это имеет вполне объективное отражение в виде количества обращений пользователей к материалам курса (посещаемость курса), причем посещаемость должна быть относительно равномерно распределена по всему периоду обучения. В случае если преподаватели рассматривают электронный курс только как инструмент предоставления учебного материала и не используют в полной мере интерактивные элементы электронных курсов, то это будет проявляться в низкой и неоднородной посещаемости электронных курсов [6]. Таким образом, анализируя посещаемость электронного курса, можно попытаться оценить востребованность курса в зависимости от контента, что косвенно оценивает и качество самого учебного контента. При этом важно рассмотреть не просто количество посещений курса, а как посещаемость курса распределяется на всем периоде обучения. Это позволит построить типовые профили активности пользователей курса – распределение количества обращений к курсу по временным периодам, что можно использовать как основу для классификатора.

В работе ставится задача провести анализ посещаемости электронных курсов и выделить типовые профили активности по неделям в зависимости от содержания электронных курсов. Актуальность работы заключается в определении профилей активности, изучения зависимости профиля от содержания и условий использования электронных курсов. В работе использованы методы data mining и нейронные сети, что в современных условиях развития цифровых информационных сред позволяет эффективно исследовать скрытые взаимосвязи и минимизировать возможную субъективность получаемых оценок.

Материалы и методы исследования

В качестве инструмента для сегментации электронных курсов по посещаемости

и построения соответствующих профилей в работе использована одна из технологий интеллектуального анализа данных (data mining) – кластеризация. При работе с веб-контентом (электронные курсы в подавляющем большинстве случаев реализуются с применением веб-технологий) можно выделить два основных направления применения data mining: интеллектуальный анализ контента и интеллектуальный анализ использования сайтов [7, 8]. Данное исследование относится ко второму направлению, которое предполагает выявление закономерностей в действиях пользователей системы.

На этапе предварительной обработки осуществляется «добыча» данных из баз данных или файлов журнала системы с целью формирования датасета для следующего этапа обработки. На этом же этапе могут осуществляться операции нормализации данных, заполнения пропусков и пр. Источником данных для анализа в работе является система «Электронный университет» на основе E-LMS Moodle (<https://exam.bgu.ru/edu-portal>). Информация о деятельности пользователей системы хранится в базе данных MS Sql в таблице, описание полей которой приведено в табл. 1.

Таким образом, в данной таблице хранится вся необходимая для анализа информация, которую можно отфильтровать по ряду параметров: по дате, контексту, типу операций, пользователям и пр.

На следующем этапе решается задача кластеризации, суть которой состоит в том, чтобы провести сегментацию (распределение) электронных курсов по частоте обращений пользователей к ресурсам и элементам электронного курса. При выборе алгоритма следует учитывать достаточно большой размер, который будет иметь датасет, так как количество обращений к электронным курсам даже за семестровый курс обучения может исчисляться тысячами, что в случае массового использования курсов приводит к более чем миллиону записей. Применение нейронных сетей для решения задачи классификации позволяет избежать сложных и громоздких расчетов при оперировании большими объемами многомерных данных [9]. Самоорганизующаяся карта Кохонена (самоорганизующаяся карта признаков) представляет собой соревновательную нейронную сеть с обучением без учителя. Идея сети предложена финским ученым Т. Кохоненом в начале 1980-х гг. [10]. Сеть Кохонена представляет собой два слоя – входной и выходной, причем все нейроны входного слоя связаны с каждым из нейронов выходного (рис. 1).

Таблица 1

Поля таблицы с журналом действий пользователей

Поле	Описание
eventname	Описание события
component	Модуль, который вызвал событие
action	Тип действия
target	Цель, над которой выполняется действие
objecttable	Имя таблицы базы данных, которое представляет объект события
objectid	Идентификатор записи объекта из objecttable.
crud	Типы операции: «создать», «редактировать», «обновить» или «удалить»
contextlevel	«Уровень» совершенной операции (контекста): курс, модуль, категория курса и т.д.
contextinstanceid	В зависимости от уровня контекста это может быть идентификатор курса, идентификатор модуля курса, категория курса
userid	Идентификатор пользователя
courseid	Идентификатор курса. Используется только для контекстов на уровне курса и ниже
timecreated	Время, когда произошло событие

Таблица 2

Фрагмент датасета

#	courseid	Номер недели										
		36	37	38	39	45	...	47	48	49	50	51
5	4	0,09	0,73	0,45	0,36	0,36	...	0,18	0,27	1,00	0,64	0,27
6	5	0,25	0,50	0,63	0,38	0,88	...	0,50	0,25	0,75	0,38	0,75
7	6	0,27	0,36	0,55	0,45	0,18	...	0,45	0,27	0,45	0,91	0,55
8	7	0,00	0,19	0,50	0,19	0,38	...	1,00	0,63	0,56	0,44	0,19
9	8	0,20	0,40	0,70	0,20	0,20	...	0,20	0,30	0,30	0,40	0,30
10	9	0,00	0,44	0,56	0,44	0,33	...	0,33	0,44	0,56	1,00	0,22
11	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

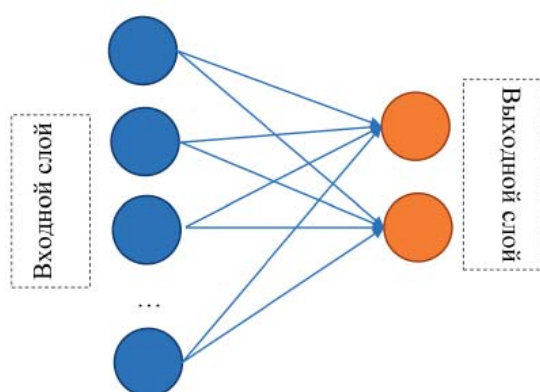


Рис. 1. Структура сети

Число входных нейронов равно количеству признаков объектов, а количество выходных нейронов – числу кластеров. Таким образом, задание структуры сети осуществ-

ляется путем выбора количества нейронов выходного слоя (слоя Кохонена). Нормализация входных переменных выполняется в пределах $[-1, 1]$ или $[0, 1]$. В качестве метрики обычно используется евклидово расстояние:

$$d_E(A, B) = \sqrt{\sum_{j=1}^J (a_j - b_j)^2} = \|A - B\|.$$

Для исследования была взята статистика посещаемости электронных курсов системы «Электронный университет» Байкальского государственного университета за первый учебный семестр 2022 учебного года. За этот период активными были 1728 учебных курсов. Количество обращений ко всем электронным курсам за данный период – 2470054. На этапе первоначальной

обработки был сформирован датасет в виде кросс-таблицы с группировкой запросов пользователей по неделям, выполнены операции замены пропусков (в случае, если в течение учебной недели не было обращений, ставился 0) и нормализации исходных данных в диапазоне $[0, 1]$ (максимум обращений к курсу в течение семестра брался за единицу, остальные значения по неделям рассчитывались относительно максимума). Фрагмент датасета представлен в табл. 2.

В рамках проводимого исследования для решения задачи сегментации курсов по посещаемости были построены несколько сетей: количество входных нейронов соответствовало учебным неделям выбранного семестра, а выходных нейронов равнялось числу идентифицируемых профилей посещаемости. Так как нормализация датасета была проведена в пределах $[0, 1]$, то случайная инициализация весовых коэффициентов с использованием генератора случайных чисел осуществлялась в диапазоне:

$$0,5 - \frac{1}{\sqrt{M}} \leq w_{ij} \leq 0,5 + \frac{1}{\sqrt{M}},$$

где M – количество входных переменных сети (количество нейронов во входном слое),

w_{ij} – весовой коэффициент, $i = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, N}$, N – количество нейронов в выходном слое.

Процесс обучения состоит в циклической подаче обучающих примеров (входных векторов) текущей эпохи обучения и расчета евклидовых расстояний от них до центров всех кластеров [11]:

$$d_j = \sqrt{\sum_{i=1}^M (\tilde{x}_i - w_{i,j})^2},$$

где $\tilde{x}_i$ – значения элементов входного вектора.

Для нейрона-победителя w_{ij} осуществляется коррекция весового коэффициента:

$$w_{i,j}^{l+1} = w_{i,j}^l + v(\tilde{x}_i - w_{i,j}^l),$$

где v – скорость обучения, равномерно убывающая от 1 до 0 по мере обучения сети. Процесс обучения проходит до того момента, пока изменения весовых коэффициентов не перестают быть значимыми. В качестве инструмента для работы с данными, построения сети и последующего анализа были использованы модули языка Python, в частности Pandas, Numpy и Sompy,

построение графиков осуществлялось с использованием программы Excel.

Рассмотрим сегментацию курсов по посещаемости при выборе трех выходных нейронов. В результате обучения сети разделение курсов произошло на три кластера, центры кластеров представлены в табл. 3, а график – на рис. 2.

На основе контекстного анализа курсов (проверялось соответствие рабочей программы дисциплины, наличие интерактивных и мультимедиаэлементов и пр.), попавших в первый кластер («кластер 0» в табл. 3 и на рис. 2), можно сделать вывод, что в этот кластер попали курсы, которые по сути представляют собой электронные учебники – простое переложение учебных пособий и конспектов лекций в «цифровую» форму, зачастую с использованием самых простых инструментов. Типовая структура – опубликованные учебные материалы в виде файлов лекций, презентаций и пр. при минимуме или полном отсутствии применения интерактивных элементов. График посещаемости на рис. 2 достаточно четко характеризует интерес обучающихся – видно явное снижение по мере обучения (синий график).

Второй кластер («кластер 1» в табл. 3 и на рис. 2) составляют курсы, в которых преподаватели сделали упор на промежуточную аттестацию, при этом в этих курсах может содержаться и теоретическая составляющая, но в большинстве случаев будет отсутствовать интерактивная деятельность. При этом на графике (рис. 2, оранжевый график) посещаемость растет именно к сессии, достигая там максимума.

Наконец третий кластер («кластер 2» в табл. 3 и на рис. 2) составляют курсы, в подавляющем большинстве содержащие как минимум теоретическую и практическую части, а также аттестации в виде тестов и заданий – текущую и промежуточную. Преподаватели используют курсы из этого кластера не только как учебник или систему тестирования, но и осуществляют взаимодействие со студентом посредством доступного им инструментария, принимают и комментируют лабораторные работы, используют средства коммуникации и пр. Посещаемость таких курсов достаточно стабильна, но видны достаточно выраженные недели роста и спада посещаемости. Сравнение посещаемости с учебными планами показало, что пики посещаемости совпадают с периодами сессии заочного обучения, что вполне объясняет их появление – электронные курсы часто используют не только для студентов очного, но и заочного обучения. Количество курсов, попавших в первый кластер – 22%, во второй кластер – 25%, в третий кластер – 53%.

Таблица 3

Центры кластеров

Номер кластера	Номер недели															
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Кластер 0	.14	.31	.16	.13	.21	.14	.26	.18	.23	.07	.11	.07	.05	.06	.05	.02
Кластер 1	.01	.06	.06	.05	.07	.08	.08	.16	.14	.15	.16	.23	.25	.40	.45	.21
Кластер 2	.10	.49	.40	.43	.58	.60	.38	.65	.69	.34	.70	.62	.58	.56	.63	.29

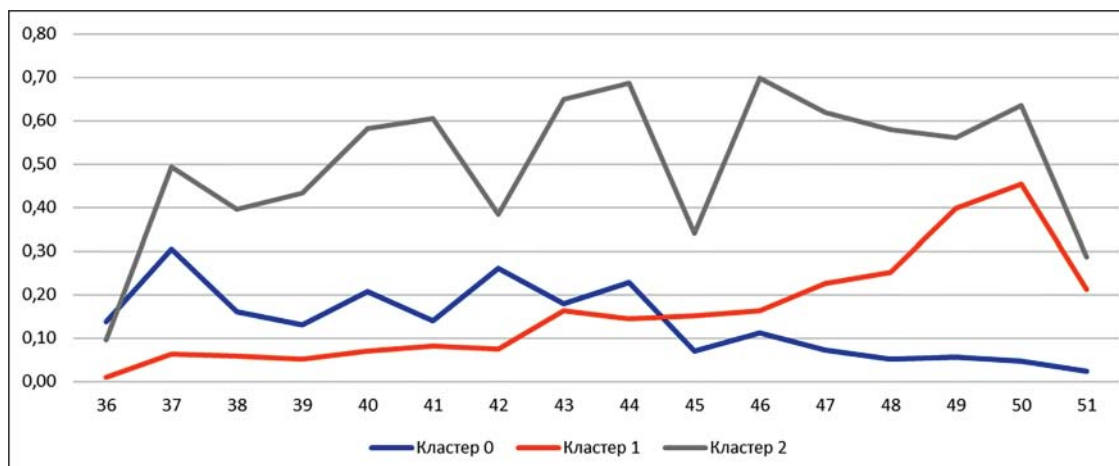


Рис. 2. Профили кластеров

Таблица 4

Центры кластеров

Номер кластера	Номера недель															
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Кластер 0	.13	.63	.35	.52	.67	.54	.49	.71	.82	.33	.79	.58	.55	.55	.69	.26
Кластер 1	.07	.35	.40	.33	.45	.58	.29	.58	.50	.34	.59	.58	.60	.51	.58	.27
Кластер 2	.01	.05	.04	.04	.07	.06	.08	.11	.11	.08	.11	.19	.31	.45	.51	.23
Кластер 3	.13	.26	.18	.14	.20	.18	.19	.17	.19	.13	.13	.12	.07	.07	.07	.02

Таким образом можно сделать вывод, что только примерно в половине из числа всех курсов ведется активная и равномерная деятельность.

Попробуем увеличить размерность сети до 4. В этом случае сеть разделит курсы на 4 кластера, центры кластеров представлены в табл. 4, а график – на рис. 3.

Наблюдаемая картина в целом схожа с предыдущими настройками кластеризации: четко выражены кластеры курсов с убывающей посещаемостью и возрастающей посещаемостью к концу семестрового обучения (началу сессии). При этом кластер с интерактивными курсами разделился

на два подкластера – в зависимости от того, в какие периоды выпадают сессии для заочного обучения. В кластер 0 попали 27% электронных курсов, в кластер 1 – 28%, в кластер 2 – 20% и в кластер 3 – 25%.

При увеличении размерности выходного слоя до 5 происходит выделение кластера, в котором собираются курсы, не используемые для заочного обучения (серая линия на рис. 4). Посещаемость курсов, которые используются как для очного, так и для заочного обучения, резко повышается в периоды заочных сессий и падает с их окончанием. Центры кластеров приведены в табл. 5, а профили – на рис. 4.

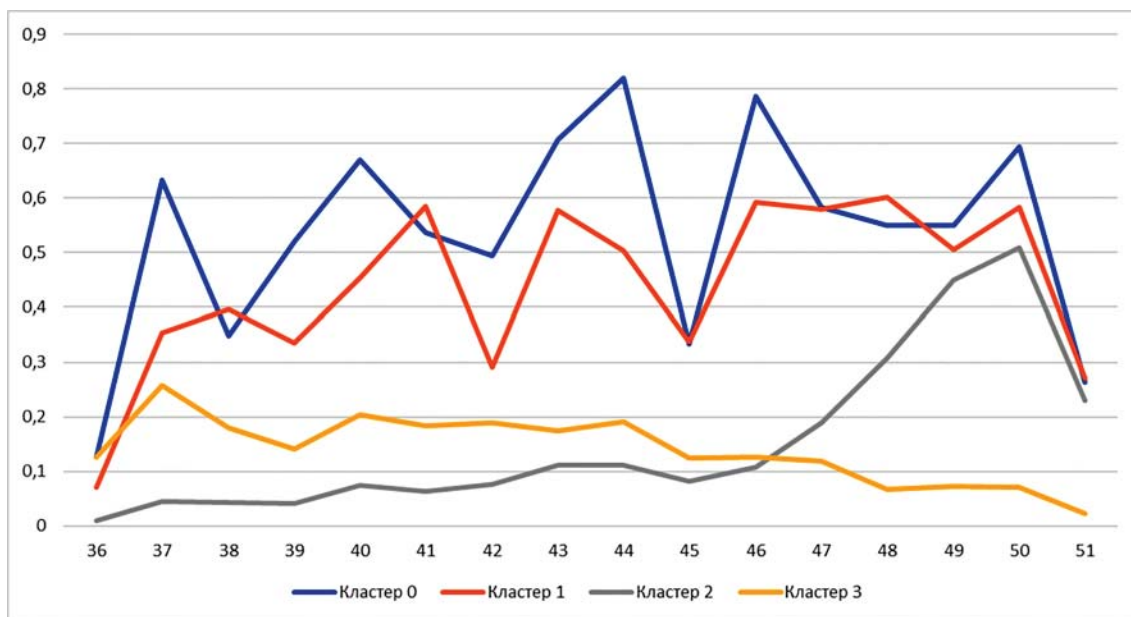


Рис. 3. Профили кластеров

Таблица 5

Центры кластеров

Номер кластера	Номера недель															
	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Кластер 0	.13	.62	.26	.53	.66	.46	.53	.73	.82	.29	.74	.56	.50	.54	.70	.21
Кластер 1	.09	.49	.55	.41	.63	.73	.30	.71	.71	.38	.74	.60	.58	.54	.63	.37
Кластер 2	.05	.24	.26	.32	.28	.40	.28	.42	.36	.37	.44	.55	.52	.52	.55	.17
Кластер 3	.01	.03	.03	.02	.04	.03	.05	.08	.07	.07	.09	.17	.23	.44	.56	.22
Кластер 4	.11	.25	.19	.10	.19	.11	.21	.19	.24	.09	.16	.08	.06	.04	.05	.03

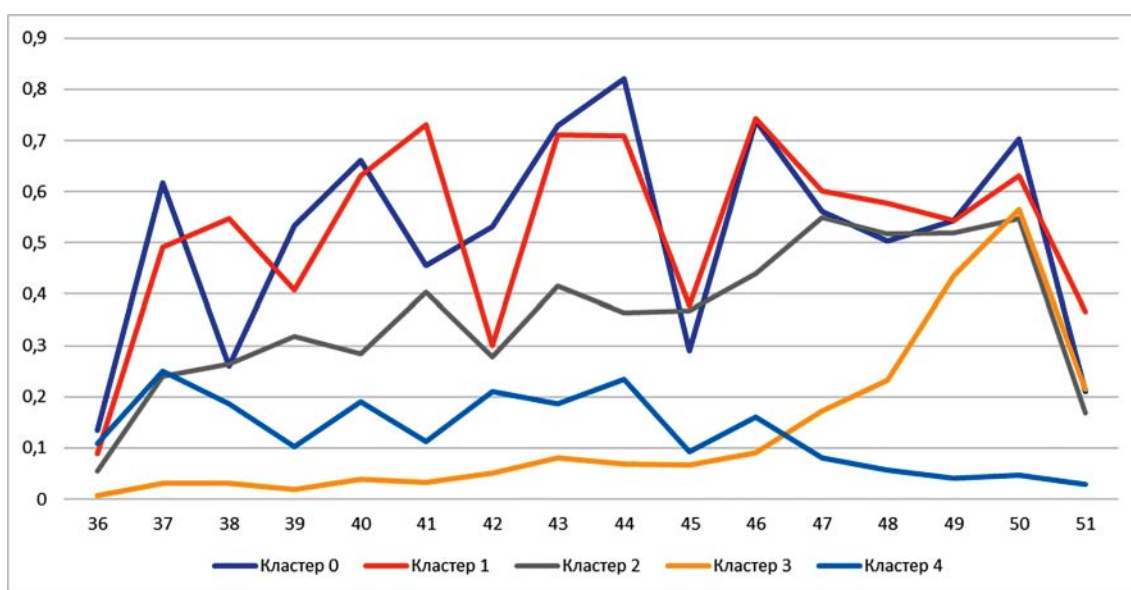


Рис. 4. Профили кластеров

В рамках проведенного исследования были рассмотрены и другие настройки сети, однако дальнейшее увеличение размерности сети еще больше «размывает» третий кластер курсов, практически не затрагивая первый и второй кластеры, которые получились при использовании сети размерности 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты кластеризации, безусловно, зависимы от множества факторов: от процесса сбора и предварительной обработки исходных данных; метода кластеризации; выбранных параметров метода. Однако полученные результаты вполне адекватно отражают зависимость интереса участников обучения от структуры, содержания и применения электронного курса. Проведенное исследование показало, что в зависимости от контента и принципов использования электронных курсов можно четко выделить три профиля активности пользователей курсов (рис. 2): с сильным всплеском посещаемости в начале обучения и постепенным спадом интереса к завершению, обратный профиль, когда всплеск посещаемости идет на этапе завершения (аттестации), и профиль, когда посещаемость относительно равномерно распределена на всем промежутке обучения. В ряде случаев видится целесообразным выделять пять профилей, если важно учитывать условия применения курсов (рис. 4).

Используя данные профили, можно построить классификатор курсов и на его основе определять численную оценку показателя активности. В этом случае необходимо каждому кластеру сопоставить некоторую числовую оценку. Информация о посещаемости исследуемого курса подается на вход сети и относится к одному из существующих кластеров, либо делается вывод о невозможности такого отнесения. В случае отнесения курса к какому-либо кластеру он получает соответствующую, заранее определенную числовую оценку, которую можно использовать для построения интегральной оценки. При определении числового значения оценки следует учитывать, что оптимальными характеристиками с точки зрения качества образовательного процесса обладают курсы, попавшие в третий кластер (рис. 2). Курсы, попадающие во второй кластер, занимают свою нишу в качестве тестовых систем и могут быть использованы по назначению (например, для проведения промежуточной аттестации). Наибольшие риски несут курсы, попавшие в первый кластер – падение интереса в процессе обучения чревато не только потерей эффективности обучения по данным

дисциплинам, но и в целом образовательного процесса.

Однако использование показателей только на основе активности пользователей электронных курсов может привести к ошибочным выводам: например, далеко не всегда только курсы с интерактивным содержанием попадали в третий кластер – при анализе контента были выявлены курсы, не содержащие интерактивных элементов, не соответствующие рабочим программам либо имеющие иные, достаточно серьезные замечания (таких курсов около 20% из числа курсов, вошедших в этот кластер). Но даже в таком виде курсы были востребованы учащимися на протяжении всего периода обучения, что является косвенным подтверждением качества опубликованного материала. Таким образом, построенный по профилям активности пользователей курсов классификатор может служить важным инструментом для построения целостной оценки качества электронного курса, но его применение возможно только совместно с другими показателями.

Список литературы

1. Андреев А.А. Онлайн-обучение и его качество // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2015. № 1–2. С. 82–91.
2. Шишлина Н.В. Квалиметрическая оценка электронных образовательных ресурсов вуза // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы международной научно-практической конференции. 2018. № 1 (5). С. 3–7.
3. Войцеховская М.Ф. Критерии оценки электронных курсов как средство управления качеством электронной информационно-образовательной среды вуза // Открытое и дистанционное образование. 2019. № 4 (76). С. 34–39. DOI: 10.17223/16095944/76/5.
4. Шалкина Т.Н. Метод деревьев решений в задаче синтеза алгоритма оценки качества электронных учебных курсов // Образовательные технологии и общество. 2016. Т. 19. № 4. С. 322–333.
5. Родионов А.В. Модель скоринговой оценки электронного курса как инструмент управления качеством образовательного процесса // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 10–1. С. 37–41.
6. Шалкина Т.Н. Показатели и критерии качества электронного учебного курса // Образовательные технологии и общество. 2015. № 18–3. С. 608–619.
7. Миркин Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор: препринт WP7/2011/03. М.: Издательский дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. 88 с.
8. Прохоров И.В., Канаков Ф.Л., Кустов Д.С. Разработка модели кластеризации пользователей сайта университета и определение их интересов на основе статистики посещения веб-сайта // Образование и наука в России и за рубежом. 2018. № 6 (41). С. 120–125.
9. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. 400 с.
10. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 655 с.
11. Дударов С.П. Модели самоорганизующихся искусственных нейронных сетей для идентификации стационарных промышленных источников загрязнения воздуха // Математическое моделирование. 2017. Т. 29. № 1. С. 33–44.

УДК 519.6

О ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ФУНКЦИЙ, ПРОИЗВОДНЫХ И РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ХРАНИМЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ КУСОЧНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ

Ромм Я.Е., Джанунц Г.А.

Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал)

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»,

Таганрог, e-mail: romm@list.ru, janunts@inbox.ru

Изложен метод компьютерного вычисления функций одной действительной переменной, построение которого инвариантно относительно вида функции, границ погрешности и временной сложности приближения. Метод дает непрерывное кусочно-интерполяционное приближение функции, распространяется на приближенное решение задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), при этом непрерывно приближение решения и приближение производной от решения. Во всех рассматриваемых случаях приближение реализуется программно и сохраняется в памяти компьютера. Хранимое приближение программно восстанавливается (без повторного решения) с минимальной временной сложностью, что позволяет выполнять исследование функций, решений задачи Коши, их производных. Восстановление хранимого приближения реализуется в границах области допустимых значений функции и во всей области приближенного решения задачи Коши. Сравнительно высокая точность метода иллюстрируется с помощью численного эксперимента, включающего вычисление гамма-функции, функции Бесселя и гипергеометрической функции. Две последние функции реализуются через приближенное решение задачи Коши для ОДУ, приводятся коды программ. Показано математическое и техническое значение хранимой непрерывной кусочной интерполяции функций и решений задачи Коши для ОДУ, дано обоснование метода и оценки временной сложности восстановления хранимого приближения. Воспроизведение приближенного решения задачи Коши является максимально параллельным процессом. Отмечены области применения метода, в том числе для моделирования движения искусственных спутников Земли. Возможна организация банка хранимых приближений решений задачи Коши для одной системы при различных начальных значениях, а также аналогичных приближений для класса задач, что может применяться при решении двухточечной задачи Коши и для компьютерного анализа отклонения от невозмущенного решения.

Ключевые слова: хранимое непрерывное кусочно-интерполяционное приближение функций, хранимое приближение решений обыкновенных дифференциальных уравнений, восстановление хранимых приближений решений задачи Коши для ОДУ

ON REPRODUCIBILITY OF FUNCTIONS, DERIVATIVES AND SOLUTIONS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS USING STORED COEFFICIENTS OF PIECEWISE INTERPOLATION

Romm Ya.E., Dzhhanunts G.A.

A.P. Chekhov Taganrog Institute, branch of the Rostov State University of Economics,

Taganrog, e-mail: romm@list.ru, janunts@inbox.ru

A method of computer calculation of functions of one real variable is described. The construction is invariant with respect to the type of function, the error bounds and the time complexity of the approximation. The method gives a continuous piecewise interpolation approximation of the function, extends to an approximate solution of the Cauchy problem for the system of ordinary differential equations (ODEs), while continuously approximating the solution and approximating the derivative of the solution. In all the cases under consideration, the approximation is implemented programmatically and stored in the computer memory. The stored approximation is programmatically restored (without repeated solution) with minimal time complexity, which makes it possible to study functions, solutions of the Cauchy problem, and their derivatives. The recovery of the stored approximation is realized within the boundaries of the range of acceptable values of the function and in the entire area of the approximate solution of the Cauchy problem. The comparatively high accuracy of the method is illustrated by a numerical experiment involving the calculation of the Gamma function, the Bessel function and the hypergeometric function. The last two functions are implemented through an approximate solution of the Cauchy problem for the ODEs, program codes are given. The mathematical and technical significance of the stored continuous piecewise interpolation of functions and the Cauchy problem solutions for the ODEs are shown. The justification of the method and the estimation of the time complexity of the stored approximation recovery is given. Reproduction of the approximate solution of the Cauchy problem is the maximally parallel process. The fields of application of the method are noted, including the modeling of the artificial Earth satellites motion. It is possible to organize a bank of stored approximations of the Cauchy problem solutions for one system at different initial values, as well as similar approximations for a class of problems, which can be used to solve a two-point Cauchy problem and for computer analysis of deviations from an unperturbed solution.

Keywords: stored continuous piecewise interpolation approximation of functions, stored approximation to the solutions of the ODEs, recovery of stored approximations of the Cauchy problem solutions for ODEs

Существующие способы компьютерного вычисления функций не универсальны относительно вида функции, точности приближения и временной сложности. Библиотеки программ их вычисления имеют ограниченные наборы функций, ограниченную точность, наиболее сложные из них часто предоставляют реализовать пользователю. Программные реализации алгоритмов вычисления функций неоднородны. В случае параллельных вычислений это увеличивает такт синхронизации яруса вычисления функций. Компьютерные библиотеки не гарантируют управление погрешностью вычисления входящих в них функций. Данное состояние вопроса имеет следствие, которое относится к приближенному решению обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Сложность вычислительного алгоритма приближенного решения системы ОДУ определяется количеством обращений к правой части системы. Избыток обращений стараются избегать именно из-за наличия в правой части выражений, иногда в большом количестве включающих функции, часто с трудоемкими алгоритмами вычисления. Отсюда возникают проблемы накопления погрешности по длине промежутка решения ОДУ, проблемы многократного воспроизведения решения. Помимо того, возникает проблема исследования математических свойств решения задачи по его численному приближению. Подход к техническому решению данных трудностей приобретает единообразный характер, если алгоритмы вычисления функций и численного интегрирования ОДУ строить на основе кусочной интерполяции. В статье ставится задача раскрыть взаимосвязи и возможности кусочной интерполяции на примерах компьютерных программ вычисления специальных функций и решения задачи Коши для ОДУ. Требуется показать, что высокая точность и одновременно малая временная сложность вычислительных алгоритмов достигаются на основе хранения в памяти компьютера коэффициентов интерполяционных полиномов в структурном соответствии подынтервалам, на которых они построены. Особая эффективность метода достигается для случая многократного воспроизведения функций и решений ОДУ. Предложенные кусочно-интерполяционные приближения являются непрерывными как для решения задачи Коши, так и для производной от решения. Способ хра-

нения коэффициентов фактически является способом хранения этих непрерывных приближений, приближения быстро восстанавливаются без повторного решения задачи, и по ним можно выполнить аналитическое исследование особенностей решения (с элементами «автоматизации»).

Цель исследования – раскрыть методику построения, дать обоснование, показать математическое и техническое значение хранимой непрерывной кусочной интерполяции функций одной действительной переменной и решений задачи Коши для ОДУ применительно к многократному воспроизведению. Требуется выполнить численные эксперименты, представить результаты и подтверждающие коды программ.

Описание метода кусочной интерполяции

Для интерполяции функции $y = f(x)$, $x \in [a, b]$, полином Лагранжа с равноотстоящими узлами интерполяции x_j , $j \in \overline{0, n}$, можно записать в виде [1]:

$$P_n(x) = \sum_{j=0}^n f(x_j) \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (t-r)/(j-r),$$

$$t = (x - x_0)h^{-1}, \quad x_0 = a, \quad x_n = b, \quad h = (b - a)n^{-1},$$

$$x_{j+1} = x_j + h, \quad j \in \overline{0, n-1}. \quad (1)$$

Преобразование числителя дроби

$$\prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (t-r)/(j-r),$$

записываемого в виде

$$P_{nj}(t) = \prod_{r=0}^{n-1} (t-t_r), \quad t_r = \begin{cases} r, & r < j; \\ r+1, & r \geq j; \end{cases}, \quad (2)$$

влечет $P_{nj}(t) = d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \dots + d_{nj}t^n$, где коэффициенты восстанавливаются по корням из (2) с помощью алгоритма [2, 3]:

$$d_{kk} = d_{(k-1)(k-1)},$$

$$d_{k(k-\ell)} = d_{(k-1)(k-\ell-1)} - d_{(k-1)(k-\ell)} t_{k-1},$$

$$d_{k0} = -d_{(k-1)0} t_{k-1},$$

$$\ell = 1, 2, \dots, k-1, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

В результате

$$P_n(x) = \sum_{j=0}^n f(x_j) (d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \dots + d_{nj}t^n) / (d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \dots + d_{nj}j^n), \quad t = (x - x_0)h^{-1}. \quad (4)$$

Если в (4) собрать коэффициенты при равных степенях, то

$$P_n(t) = \sum_{\ell=0}^n D_{\ell} t^{\ell},$$

$$x \in [a, b], t = (x - x_0)h^{-1}, x_0 = a, \quad (5)$$

D_{ℓ} — результат приведения подобных, $\ell \in \overline{0, n}$.

В методе кусочной интерполяции (1)–(5) реализуется на малых подынтервалах $[a_p, b_p]$ равной длины с общими границами разбиения отрезка $[a, b]$:

$$[a, b] = \bigcup_{i=0}^{p-1} [a_i, b_i], \quad b_i - a_i = (b - a)p^{-1},$$

$$a_{i+1} = b_i, \quad i = 0, 1, \dots, p-2. \quad (6)$$

Описанные выше преобразования выполняются на каждом подынтервале. Полученные в результате полиномы (5) и их коэффициенты отмечаются индексом подынтервала:

$$P_{in}(t) = \sum_{\ell=0}^n D_{i\ell} t^{\ell}, \quad x \in [a_i, b_i], \quad t = (x - x_{i0})h_i^{-1},$$

$$h_i = (b_i - a_i)n^{-1}, \quad x_{i0} = a_i, \quad i \in \overline{0, p-1}. \quad (7)$$

Здесь и ниже индекс i в обозначении h_i может создать впечатление, что расстояние между узлами интерполяции меняется от подынтервала к подынтервалу. Это не так — согласно (6), (7) здесь и ниже

$$h_i = (b_i - a_i)n^{-1} = (b - a) / p / n,$$

$$n = \text{const} \quad \forall i \in \overline{0, p-1}, \quad (8)$$

индекс i в h_i принят для идентификации отличия h_i от h на $[a, b]$ при отсутствии разбиения на подынтервалы ($p - 1 = 0$). Более правильным было бы обозначение $h_p = (b - a) / p / n$.

С учетом (8) для произвольного $x \in [a, b]$ номер подынтервала, которому принадлежит x , $x \in [a_i, b_i]$, вычисляется как $i = [(x - a) / h_i]$, или,

$$i = [(x - a) / ((b - a)p^{-1})], \quad (9)$$

где $[\alpha]$ — целая часть числа α . Если коэффициенты $D_{i\ell}$ полиномов из (7) зафиксированы и хранятся в памяти, то номер подынтервала является адресом обращения к памяти для их считывания.

После считывания вычисление полинома, приближающего функцию, выполняется с применением схемы Горнера за время

$$T = n(t_y + t_c), \quad (10)$$

где t_y — время бинарного умножения, t_c — время бинарного сложения. При $p = 2^k$ $\forall k \geq 0$ справедлива оценка [4]:

$$[a, b] = \bigcup_{i=0}^{2^k-1} [a_i, b_i],$$

$$|f(x) - P_{in}(t)| \leq c 2^{-k(n+1)} h^{n+1}$$

$$\forall i \in \overline{0, 2^k-1}, \quad \forall x \in [a_i, b_i] \quad (11)$$

где $c = \text{const}$, $t = (x - a_i)h_i^{-1}$, $h_i = (b_i - a_i)n^{-1}$ — шаг интерполяции на $[a_p, b_p]$, $h = (b - a)n^{-1}$. Оценка показывает, что точность приближения растет с уменьшением длины подынтервала (при фиксированной степени полинома), что и полагается в основу кусочной интерполяции.

Аналогичные преобразования можно выполнить в интерполяционном полиноме Ньютона. Для интерполяции функции $y = f(x)$, $x \in [a, b]$, полином Ньютона с равноотстоящими узлами интерполяции x_j , $j \in \overline{0, n}$, $x_0 = a$, $x_n = b$, $h = (b - a)n^{-1}$, $x_{j+1} = x_j + h$, записывается в виде

$$\Psi_n(t) = f(x_0) + \sum_{j=1}^n \frac{\Delta^j f_0}{j!} \prod_{r=0}^{j-1} (t - r),$$

$$t = (x - x_0) / h, \quad (12)$$

где $\Delta^j f_0$ — конечная разность j -го порядка в узле x_0 . Чтобы привести подобные с применением алгоритма (3), в про-

изведении $\prod_{r=0}^{j-1} (t - r)$ следует положить

$t_r = r$, $r \in \overline{0, j-1}$, восстановить по данному алгоритму коэффициенты каждого такого полинома, затем во всех n слагаемых (12) сложить числовые значения при равных степенях. В результате полином (12) примет вид

$$\Psi_n(t) = f(x_0) + \sum_{\ell=1}^n c_{\ell} t^{\ell},$$

$$x \in [a, b], \quad t = (x - x_0)h^{-1}, \quad x_0 = a. \quad (13)$$

Если такое преобразование выполнить на каждом подынтервале из (6), то в индекс коэффициентов (13) включается номер подынтервала. Для полинома (12) получится

$$\Psi_{in}(t) = f(x_{i0}) + \sum_{j=1}^n \frac{\Delta^j f_{i0}}{j!} \prod_{r=0}^{j-1} (t-r),$$

$$x \in [a_i, b_i], t = (x - x_{i0}) h_i^{-1},$$

$$h_i = (b_i - a_i) n^{-1}, x_{i0} = a_i, i \in \overline{0, p-1}. (14)$$

и для полинома (13) соответственно

$$\Psi_{in}(t) = f(x_{i0}) + \sum_{\ell=1}^n c_{i\ell} t^\ell,$$

$$x \in [a_i, b_i], t = (x - x_{i0}) h_i^{-1},$$

$$h_i = (b_i - a_i) n^{-1}, x_{i0} = a_i, i \in \overline{0, p-1}. (15)$$

После считывания коэффициентов времени вычисления оценивается из (10). Формально точность приближения такая же, как в (11) [1].

Основные особенности и свойства данной разнovidности кусочной интерполяции.

Во-первых, поскольку в число узлов интерполяции на каждом подынтервале включаются границы подынтервала, а узловые значения на общей границе совпадают, $a_{i+1} = b_i$, $f(a_{i+1}) = f(b_i)$, $i = 0, 1, \dots, p-2$, то получаемое приближение функции, $P_{in}(t) \approx f(x)$, $i \in \overline{0, p-1}$, аналогично, $\Psi_{in}(t) \approx f(x)$, $i \in \overline{0, p-1}$, непрерывно на всем отрезке приближения $[a, b]$ из (6).

Во-вторых, вместе с приближением функции одновременно получается приближение производной,

$$f(x) \approx P'_{in}(t) = h_i^{-1} \sum_{\ell=0}^n \ell D_{i\ell} t^{\ell-1},$$

$$x \in [a_i, b_i], t = (x - x_{i0}) h_i^{-1},$$

$$h_i = (b_i - a_i) n^{-1}, x_{i0} = a_i, i \in \overline{0, p-1},$$

аналогично,

$$f(x) \approx \Psi'_{in}(t) = h_i^{-1} \sum_{\ell=0}^n \ell c_{i\ell} t^{\ell-1},$$

$$x \in [a_i, b_i], t = (x - x_{i0}) h_i^{-1},$$

$$h_i = (b_i - a_i) n^{-1}, x_{i0} = a_i, i \in \overline{0, p-1}, (16)$$

при этом приближение производной непрерывно на каждом подынтервале.

В-третьих, одновременно приближается первообразная:

$$F(x) = \int_{a_i}^x f(x) dx + C_i \approx h_i \int_{a_i}^x P_{in}(t) dt + C_i = h_i \sum_{\ell=0}^n (\ell+1)^{-1} D_{i\ell} t^{\ell+1} + C_i,$$

где

$$C_i = \text{const}, x \in [a_i, b_i], t = (x - x_{i0}) h_i^{-1},$$

$$h_i = (b_i - a_i) n^{-1}, x_{i0} = a_i, i \in \overline{0, p-1}$$

(аналогично, для полинома Ньютона). При этом значение произвольной постоянной C_i на каждом подынтервале $[a_i, b_i]$ можно всегда выбирать так, что первообразная будет непрерывной функцией на всем отрезке $[a, b]$. Ниже это используется для приближенного решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Выше n можно было бы выбрать априори, например, с целью минимизации времени вычисления в априори заданных границах погрешности приближения. Однако степень полинома можно выбрать программно («автоматически»), например, с целью минимизации погрешности приближения в заданных границах времени вычисления [4]. Для многократного воспроизведения функций, производных и решений ОДУ наиболее ценным свойством является возможность запоминания коэффициентов в соответствии номерам подынтервалов в памяти компьютера (или на внешних носителях). Чтобы воспроизвести функцию (производную, решение ОДУ), достаточно обратиться к хранимому массиву коэффициентов в памяти по номеру подынтервала как по адресу, считать коэффициенты и за время (10) вычислить приближение. Для этого не требуется заново строить приближение или последовательно проходить весь промежуток решения ОДУ.

Кусочная интерполяция специальных функций. Гамма-функция

Выполнить интерполяцию можно по любым дискретным значениям в узлах интерполяции. Применение рассматриваемого метода к суперпозициям элементарных функций обсуждается в [3, 5]. Ниже обсуждается приближение трех наиболее важных специальных функций. Приближение гамма-функции в случае вещественного аргумента строится на отрезке $x \in [a, b]$, отделенном от особенностей, оговаривается вычисление в более общем случае. Вначале для задания узловых значений используется формула [6, с. 361]:

$$\Gamma(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N! N^x}{x(x+1)(x+2) \cdots (x+N)}. (17)$$

В качестве приближения к пределу выбирается некоторое большое значение N . Вычисление выполняется с эквивалентным видоизменением (17)

$$\Gamma(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{N^x}{N+1} \prod_{\ell=0}^N \frac{1+\ell}{x+\ell}, \quad (18)$$

чтобы ограничить влияние факториального роста, выводящего за границы числового диапазона. Из (18)

$$\Gamma(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} N^{x-1} \prod_{\ell=0}^N \frac{1+\ell}{x+\ell} \approx N^{x-1} \prod_{\ell=0}^N \frac{1+\ell}{x+\ell}, \quad N \geq 10^2, \quad (19)$$

где $x \in [a, b]$, $a \geq \alpha$, $\alpha > 0$.

Пусть $[a, b] = [0.5, 1]$. Согласно численному эксперименту в этом случае выбор $N = 10^6$ обеспечивает вычисление $\Gamma(x)$ с абсолютной погрешностью порядка $\varepsilon \leq 10^{-7}$ (здесь и ниже с точностью до коэффициента меньшего 10). Выбор $N = 10^7$ обеспечивает вычисление $\Gamma(x)$ с точностью до $\varepsilon \leq 10^{-8}$ (с той же оговоркой). Можно предположить, что выбор в (19) $N = 10^k$, $k \geq 2$, обеспечивает точность приближения порядка $\varepsilon \leq 10^{-(k+1)}$. Ниже приводится программная реализация метода с автоматическим выбором числа подынтервалов (Delphi), которая реализует процесс вычисления коэффициентов для данной разновидности кусочно-полиномиальной аппроксимации с применением (12), (15):

```
program pi_newton_fixed_n_gamma; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils, Math;
const a0=0.5; b0=1; {границы отрезка приближения}
abs_error=1.0e-6; {априори заданная граница абсолютной погрешности приближения}
k_max=10; {2^k_max – правая граница диапазона вариации числа подынтервалов}
n_fix=2; {фиксированное значение степени интерполяционных полиномов для всех подынтервалов}
FILEPATH = 'D:\coeff.bin'; {путь к файлу для записи коэффициентов полиномов, аппроксимирующих
функцию} type M=array[0..n_fix] of extended; MM=array[0..n_fix,0..n_fix] of extended;
var d:MM; myfile:file of M; dd:M;
function f(x:extended):extended; var r, n_max:int64; p:extended;
begin n_max:=round(1/abs_error); p:= 1/x; r:= 1; while r <= n_max-1 do begin p:=p*r/(x+r); r:=r+1;end;
p:=p*exp(x*trunc(log10(1/abs_error))*ln(10)); f:=p; end;
procedure Konech_Raznoct(n:byte;a00,h: extended; var dy:MM); var i,k:byte;x:M;
begin for i:=0 to n do x[i]:=a00+i*h; for i:=0 to n-1 do dy[i,i]:=f(x[i+1])-f(x[i]);
for k:=2 to n do for i:=0 to n-k do dy[k,i]:=dy[k-1,i+1]-dy[k-1,i] end;
procedure Viet(n:byte;var d:MM); var q:MM;k,i,j:byte;
begin q[1,1]:=1; q[1,0]:=0; for k:=2 to n do begin q[k,0]:=-q[k-1,0]*(k-1); for i:=1 to k-1 do
q[k,k-i]:=q[k-1,k-i-1]-q[k-1,k-i]*(k-1); q[k,k]:=q[k-1,k-1] end; for j:=1 to n do for i:=0 to j do d[i,j]:=q[j,i]
end;
procedure pi_Newton(print:boolean; n,k:byte; var cond:boolean); var xpr,t,hpr,s,p,h:extended; pp:integer;
dy: MM; a00,b00,vel_podint: extended; i,j,l: byte; b,a: M; n_pod:int64;
begin vel_podint:=(b0-a0)/exp(k*ln(2)); a00:=a0; b00:=a00+vel_podint; n_pod:=0;
while a00<=b0-vel_podint do begin h:=(b00-a00)/n; Konech_Raznoct(n,a00,h,dy);
pp:=1; for j:=1 to n do begin pp:=pp*j; b[j]:=dy[j,0]/pp; end; a[0]:=f(a00);
for l:=1 to n do begin s:=0; for j:=1 to n do s:=s+d[l,j]*b[j]; a[l]:=s end;
if print then begin {вывод на экран и запись в файл коэффициентов аппроксимирующих полиномов}
writeln('n_pod=',n_pod); for i:= 0 to n do writeln('a[' ,i,']= ',a[i]);
for i:= 0 to n_fix do dd[i]:=a[i]; write(myfile, dd); end
else begin xpr:=a00; hpr:=h/33; while xpr<=b00 do begin t:=(xpr-a00)/h; p:=a[n];
for i:=n-1 downto 0 do p:=p*t+a[i]; if abs(p-f(xpr))>abs_error then cond:=false; xpr:=xpr+hpr end; end;
a00:=a00+vel_podint; b00:=a00+vel_podint; inc(n_pod); end; end;
procedure vpi_f(a0,b0:extended); var k:byte; cond:boolean;
begin k:=0; repeat cond:=true; pi_Newton(false,n_fix,k,cond);
if cond=true then begin writeln('k=',k); pi_Newton(true,n_fix,k,cond); exit; end else inc(k);
until k>k_max; end;
begin AssignFile(myfile,FILEPATH); Rewrite(myfile); Viet(n_fix,d); vpi_f(a0,b0); CloseFile(myfile);
readln; end.
```

Границы отрезка приближения задаются значениями a_0 , b_0 . Степень полинома n (в программе n_fix) может быть произвольной. В данном случае выбрано $n = 2$. Число подынтервалов $p = 2^k$ определяется программно (алгоритм отдельно дан в [5]) из диапазона $2^0 \leq p \leq 2^{k_max}$, значение константы k_max определяется пользователем.

Для априори заданной границы абсолютной погрешности (abs_error) выбирается наименьшее k , при котором эта граница погрешности не превышает во всех проверочных точках (в программе шаг проверки $hpr = h/33$, где h – расстояние между узлами интерполяции на подынтервале). Интерполируемую функцию (в данном случае при-

ближение гамма-функции (19)) формирует подпрограмма-функция с заголовком function f(x: extended): extended. Рассчитанные коэффициенты кусочно-полиномиальной аппроксимации сохраняются в типизированном файле (путь к файлу задается значением константы FILEPATH).

После создания файла хранимых коэффициентов функция (приближение гамма-функции) на фиксированном отрезке может воспроизводиться неограниченное количество раз. Это выполняется с помощью схемы Горнера после считывания коэффициентов из файла с адресацией (9):

```
program calc_func; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils, Math;
const aa=0.5; bb=1; n=2; k=6; {параметры приближения}
xpr=0.5+1/21; fpr=1.62283728597856626070; {проверочная точка и точное значение функции в ней}
FILEPATH1='D:\coeff.bin'; {путь к файлу, в котором хранятся значения коэффициентов полиномов,
аппроксимирующих функцию} var t,hh,h: extended; rr: integer;
function f(x: extended): extended; type Coeff = array[0..n] of extended; var myfile: file of Coeff; dd:Coeff;
function gorner (const dd:Coeff): extended; var pp:extended; i:integer;
begin pp:=dd[n]; for i:=1 to n do pp:=pp*t+dd[n-i]; gorner:=pp; end;
begin AssignFile(myfile,FILEPATH1); Reset(myfile);
if x<bb then rr:=trunc((x-aa)/hh) else rr:=trunc((x-aa)/hh)-1;
seek(myfile,rr); read(myfile,dd); t:=(x-(aa+rr*hh))/h; f:=gorner(dd); CloseFile(myfile); end;
begin hh:=(bb-aa)/power(2,k); h:=hh/n;
writeln ('xpr=',xpr,'; f(xpr)=',f(xpr),'; pogr=',abs(f(xpr)-fpr)); readln; end.
```

Результат работы программы:

Xpr = 5.47619047619048E-0001; f(xpr) = 1.62283766571833E+0000; pogr = 3.79739760851755E-0007

В этом варианте время воспроизведения гамма-функции измеряется временем двух умножений со сложениями. Для представленного примера число хранимых коэффициентов $p(n+1) = 192$ ($p = 2^6$, $n = 2$). Повышение степени интерполяционных полиномов снижает число подынтервалов при фиксированном значении порядка погрешности (в примере 10^{-7}): для $n = 3 - p = 2^4$, число коэффициентов $p(n+1) = 64$; для

$n = 4 - p = 2^4$, число коэффициентов $p(n+1) = 40$; для $n = 5 - p = 2^2$, число коэффициентов $p(n+1) = 24$; для $n = 9 - p = 2^0$, число коэффициентов $p(n+1) = 10$.

При относительно небольшом количестве коэффициентов их значения могут располагаться непосредственно в разделе констант в виде двумерного массива. Тогда программа вычисления функции примет вид

```
program Newton_Gamma_n5_k2_const; {$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
const aa=0.5; bb=1; hh=0.125; n=5; h=hh/n; Gamma121 = 1.62283728597856626070;
Pr_Gamma121 = -2.833470062096042329648;
var x, t: extended; i,rr: integer; Gammaf, Proiz_Gamma: extended;
procedure Gamma(x: extended; var Gammaf, Proiz_Gamma: extended);
type vec0=array[0..3,0..5] of extended;
const dd:vec0=
((1.77245407246226E+0000, -8.70039026866722E-0002, 4.86441678445746E-0003,
-2.43047087093533E-0004, 1.09329982158107E-0005, -3.13024140892727E-0007),
(1.43451901619824E+0000, -5.20980148280167E-0002, 2.46971348186693E-0003,
-9.90748736884621E-0005, 3.71270172655088E-0006, -9.31331599597475E-0008),
(1.22541681734799E+0000, -3.32656757828449E-0002, 1.42460352695277E-0003,
-4.71653402909723E-0005, 1.52098151578120E-0006, -3.39377617028745E-0008),
(1.08965241701325E+0000, -2.19024394932337E-0002, 9.02997990859843E-0004,
-2.49226355961744E-0005, 7.11601360512539E-0007, -1.42690302017059E-0008));
function gorner11 (var rr: integer; const dd:vec0): extended;
var pp:extended;
begin pp:=dd[rr,n]; for i:=1 to n do pp:=pp*t+dd[rr,n-i]; gorner11:=pp; end;
function gorner12 (var rr: integer; const dd:vec0): extended;
var pp:extended;
begin pp:=dd[rr,n]*n/h; for i:=1 to n-1 do pp:=pp*t+dd[rr,n-i]*(n-i)/h; gorner12:=pp; end;
begin if x<1 then rr:=trunc((x-aa)/hh) else rr:=trunc((x-aa)/hh)-1; t:=(x-(aa+rr*hh))/h;
Gammaf:=gorner11(rr,dd); Proiz_Gamma:= gorner12(rr,dd); end;
```

```

begin
x:=0.5+1/21; Gamma(x, Gammaf, proiz_Gamma);
writeln ('x= ',x,'; ',Gamma(x)=',Gammaf,'; ',pogrechnost=',Gammaf-Gamma121);
writeln ('x= ',x,'; ',Proiz_Gamma(x)=',Proiz_Gamma,'; ',pogrechnost=',Proiz_Gamma-Pr_Gam-
ma121);
readln;
end.

```

Результат работы программы:

```

x=5.47619047619048E-0001; Gamma(x)= 1.62283747031041E+0000; pogrechnost=1.8433184580677
1E-0007
x=5.47619047619048E-0001; Proiz_Gamma(x)=-2.83346339759517E+0000; pogrechnost=6.664500869
04261E-0006

```

С повышением степени полинома воспроизводимой является не только сама функция, но и производная от нее согласно (16). В данном примере это выполняется с использованием подпрограммы-функции с заголовком function gorner12 (var rr: integer; const dd:vec0): extended; (схема Горнера для производной от полинома). Для контроля погрешности приближения в качестве эталонного значения гамма-функции и ее производной приняты значения, полученные в результате запросов Gamma(0.5+1/21) и Gamma(0.5+1/21)*digamma(0, 0.5+1/21) в базе знаний Wolfram|Alpha [7]. Выражение производной от гамма-функции через произведение гамма-функции и дигамма-функции использовано с целью получить в качестве эталона наиболее высокую точность приближения (в Wolfram|Alpha результат непосредственного вычисления производной от гамма-функции представляется лишь шестью значащими цифрами).

С учетом (10) время вычисления гамма-функции с данной точностью приближения $5(t_y + t_c)$, ее производной $-4(t_y + t_c)$. Согласно численному эксперименту при использовании полинома Лагранжа с такими же параметрами алгоритма (в пределах погрешности порядка 10^{-7}) достигается такая же точность приближения, как у полинома Ньютона, за то же время вычисления, что соответствует известному положению

теории интерполяции [1]. Ближайшей целью будет получить более высокую точность воспроизведения гамма-функции за время $5(t_y + t_c)$ и ее производной за время $4(t_y + t_c)$. Чтобы этого достигнуть на основе (17)–(19), нужны более мощные по сравнению с персональным компьютером вычислительные ресурсы. Тем не менее показать принципиальную возможность решения задачи можно, обратившись к Wolfram|Alpha. Из этой базы можно извлечь значения гамма-функции с 20 верными значащими цифрами мантииссы [7]. Такие значения по отдельности заносятся в раздел констант программы в качестве узловых значений интерполяционного полинома Ньютона (14) степени $n = 5$, по $n + 1 = 6$ значений в соответствии каждому номеру подынтервала. По-прежнему $[a, b] = [0.5, 1]$. Число подынтервалов выбирается равным $p = 64$. Далее, программа без изменения описанного выше алгоритма на каждом подынтервале преобразует полином Ньютона (14) к виду (15), выдавая аналогично предыдущему по $n + 1 = 6$ числовых коэффициентов полинома в соответствии номеру подынтервала и показателю степени слагаемого в (15). Приводимая непосредственно ниже программа выводит вычисленные коэффициенты на экран и сохраняет их в типизированный файл по адресу 'D:\gamma_n5_k6.bin'

```

program FPI_Newton_fixed_n5_k6_Gamma_wolfram; {$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils, Math;
const k_fix=6; k_pod=64; n_fix=5; a0=0.5; b0=1;
FILEPATH = 'D:\gamma_n5_k6.bin';
type M=array[0..n_fix] of extended; MM=array[0..n_fix,0..n_fix] of extended;
var d: MM; k_output: integer;
type Coeff = array[0..n_fix] of extended; var myfile: file of Coeff; dd: Coeff;
function f(rr,ii: integer): extended;
type M_Coef = array[0..k_pod-1] of Coeff;
const Gammawolf: M_Coef =
((1.77245385090551602730,1.76703494882192059810,1.76165372540981521613,
1.75630982590783545747,1.75100289997491963006,1.74573260162213649936),
(1.74573260162213649936,1.74049858914576889878,1.73530052506162633201,
1.73013807604056033088,1.72501091284515696978,1.71991871026758155902),
.....

```

```

(1.00926398471568630315,1.00831524753567991035,1.00737153250209826800,
1.00643281760979125714,1.00549908100317067122,1.00457030097503136954),
(1.00457030097503136954,1.00364645596538367193,1.00272752456029687067,
1.00181348549075373742,1.00090431763151590432,1.00000000000000000000));
begin f:=Gammawolf[rr,ii]; end;
procedure Konech_Raznoct(n_pod,n:byte;a00,h: extended; var dy:MM);
var i,k:byte;x:M;
begin for i:=0 to n do x[i]:=a00+i*h; for i:=0 to n-1 do dy[i]:=f(n_pod,i+1)-f(n_pod,i);
for k:=2 to n do for i:=0 to n-k do dy[k,i]:=dy[k-1,i+1]-dy[k-1,i] end;
procedure Viet(n:byte;var d:MM);
var q:MM;k,i,j:byte;
begin q[1,1]:=1; q[1,0]:=0; for k:=2 to n do begin q[k,0]:=-q[k-1,0]*(k-1); for i:=1 to k-1 do
q[k,k-i]:=q[k-1,k-i-1]-q[k-1,k-i]*(k-1); q[k,k]:=q[k-1,k-1] end; for j:=1 to n do for i:=0 to j do d[i,j]:=q[j,i] end;
procedure pi_Newton(n,k:byte);
var s,h:extended; factorial:integer;
dy: MM; a00,b00,vel_podint: extended; i,j,l: byte; b,a: M; n_pod:int64;
begin
vel_podint:=(b0-a0)/exp(k*ln(2)); a00:=a0; b00:=a00+vel_podint; n_pod:=0; while a00<=b0-vel_podint do
begin
h:=(b00-a00)/n; Konech_Raznoct(n_pod,n,a00,h,dy);
factorial:=1; for j:=1 to n do begin factorial:=factorial*j; b[j]:=dy[j,0]/factorial; end;
a[0]:=f(n_pod,0); for l:=1 to n do begin s:=0; for j:=1 to n do s:=s+d[l,j]*b[j]; a[l]:=s end;
writeln('n_pod=',n_pod); for i:=0 to n do writeln('a['+i+']= ',a[i]); for i:=0 to n do dd[i]:=a[i]; write(myfile, dd);
readln; a00:=a00+vel_podint; b00:=a00+vel_podint; n_pod:=n_pod+1; end; end;
begin
AssignFile(myfile,FILEPATH); Rewrite(myfile);
Viet(n_fix,d); pi_Newton(n_fix,k_fix); CloseFile(myfile); writeln('The End'); readln;
end.

```

Результат работы программы:

```

n_pod=0 n_pod=1
a[0]= 1.74573260162214E+0000 a[0]= 1.77245385090552E+0000
a[1]= -5.25209881756097E-0003 a[1]= -5.43786079183873E-0003
a[2]= 1.81427619631266E-0005 a[2]= 1.90187708044359E-0005
a[3]= -5.65959203444299E-0008 a[3]= -6.02518533339603E-0008
a[4]= 1.75668548099051E-0010 a[4]= 1.89860303427467E-0010
a[5]= -5.17960884866981E-0013 a[5]= -5.68102291735537E-0013
.....
n_pod=62 n_pod=63
a[0]= 1.00926398471569E+0000 a[0]= 1.00457030097503E+0000
a[1]= -9.51255625895055E-0004 a[1]= -9.26308937770043E-0004
a[2]= 2.52214482783028E-0006 a[2]= 2.46750315598351E-0006
a[3]= -3.70525932792730E-0009 a[3]= -3.58110871355065E-0009
a[4]= 6.32998349826685E-0012 a[4]= 6.08444119198047E-0012
a[5]= -9.82371555340959E-0015 a[5]= -9.36553352232083E-0015

```

Непосредственно ниже приводится программа, которая, аналогично программе calc_func, считывает коэффициенты полиномов из файла 'D:\gamma_n5_k6.bin', созданного предыдущей программой, и вычисляет значение полинома для заданного значения независимой переменной:

```

program calc_fun_deriv_gamma_wolf; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils, Math;
const aa=0.5;bb=1; n=5; k=6; FILEPATH='D:\gamma_n5_k6.bin';
{проверочная точка и точные значения функции и производной в данной точке
для вычисления абсолютной погрешности приближения}
xpr=0.5+1/21; f_pr=1.62283728597856626070; proiz_pr=-2.833470062096042329648;
var t,h,hh,h: extended; f,proiz: extended; rr: integer;
procedure calc(x: extended); type Coeff = array[0..n] of extended; var myfile: file of Coeff; dd: Coeff;
function gorner1(const dd:Coeff): extended; var pp:extended; i:integer;
begin pp:=dd[n]; for i:=1 to n do pp:=pp*t+dd[n-i]; gorner1:=pp; end;
function gorner2(const dd:Coeff): extended; var pp:extended;i:integer;
begin pp:=dd[n]*n/h; for i:=1 to n-1 do pp:=pp*t+dd[n-i]*(n-i)/h; gorner2:=pp; end;
begin AssignFile(myfile,FILEPATH); Reset(myfile);
if x<bb then rr:=trunc((x-aa)/hh) else rr:=trunc((x-aa)/hh)-1; seek(myfile,rr);
read(myfile,dd); t:=(x-(aa+rr*hh))/h; f:=gorner1(dd); proiz:=gorner2(dd); CloseFile(myfile); end;
begin

```



```

hh:=(bb-aa)/power(2,k);h:=hh/n; calc(xpr);
writeln('xpr=',xpr,'; f(xpr)=';f,'; pogr=',abs(f-f_pr));
writeln('xpr=',xpr,'; proiz(xpr)=';proiz,'; pogr=',abs(proiz-proiz_pr));
readln; end.

```

Результат работы программы:

```

xpr= 5.47619047619048E-0001; f(xpr)=1.62283728597858E+0000; pogr= 1.45463068673690E-0014
xpr=5.47619047619048E-0001; proiz(xpr)=-2.83347006210879E+0000; pogr= 1.27473643619924E-0011

```

В результате значение гамма-функции в произвольной точке отрезка $[a, b] = [0.5, 1]$ воспроизводится с погрешностью порядка 10^{-14} за время $5(t_y + t_c)$, следом воспроизводится значение ее производной с погрешностью порядка 10^{-11} за время $4(t_y + t_c)$. В этих оценках не учитывается время обращения к соответственной строке типизированного файла.

Замечание 1. Согласно ходу эксперимента можно предположить, что точность воспроизведения гамма-функции и ее производной только что изложенным способом может быть существенно увеличена за счет роста числа подынтервалов без изменения времени последующего воспроизведения. Значения на любом другом промежутке могут вычисляться с использованием формулы $\Gamma(x+1) = x\Gamma(x)$ [6, с. 361]. Необходимо отметить, что способ обладает естественным параллелизмом, и значения во множестве точек могут вычисляться одновременно при наличии соответственного числа процессорных элементов параллельной вычислительной системы. Кроме того, очевидным параллелизмом по всем подынтервалам обладает и собственно метод априорного вычисления коэффициентов полинома, приближающего функцию. Непосредственно преобразования интерполяционного полинома к виду алгебраического полинома с числовыми коэффициентами также распараллеливаются [2].

*Кусочно-интерполяционное
воспроизведение решений ОДУ
и функции Бесселя*

Задачу Коши для системы ОДУ можно решить с помощью кусочно-интерполяционного метода, при этом приближение каждого компонента решения будет непрерывной и непрерывно дифференцируемой функцией на всем отрезке решения [4]. На каждом подынтервале приближение решения будет представлять собой интерполяционный полином Ньютона (или Лагранжа), преобразованный к виду алгебраического полинома с числовыми коэффициентами. Для простоты метод поясняется (это необходимо для дальнейшего) для одного урав-

нения с оговоркой относительно общего случая. Пусть рассматривается задача Коши

$$y' = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0, \quad (20)$$

в области

$$R: \{ a \leq x \leq b; |y - y_0| \leq B; B = \text{const} \},$$

где функция $f(x, y)$ определена, непрерывно дифференцируема (в точках a – справа, b – слева) и удовлетворяет условию Липшица:

$$|f(x, y) - f(x, \tilde{y})| \leq L |y - \tilde{y}|,$$

$$L = \text{const}, \quad \forall (x, y), (x, \tilde{y}) \in R.$$

Предполагается, что решение задачи (20) существует и единственно во всей области R . Пусть a, b те же, что в (6), и выполнено такое же разбиение на подынтервалы $[a_i, b_i]$. С целью интерполяции правой части (20) в $f(x, y)$ подставляется приближенное значение y , вначале $y \approx y_0$. Функция $f(x) = f(x, y_0)$ приближается полиномами вида (15) (или (7)) по изложенной выше схеме. При фиксированных n и k на отрезке $[a_i, b_i]$, при $i = 0$, затем, аналогично, при $i = 1, 2, \dots$, выполняется следующее итерационное уточнение.

Пусть согласно (15)

$$\Psi_{in}(t) = f(x_{i0}) + \sum_{\ell=1}^n c_{i\ell} t^\ell,$$

тогда $f(x, y_0) \approx \Psi_{in}(t)$, $t = (x - a_i)h_i^{-1}$, h_i – шаг интерполяции на $[a_i, b_i]$.

Первообразная, взятая в виде

$$\Psi_{(int)i(n+1)}(t) = y_{0i} + h_i \int_0^t \Psi_{in}(t) dt,$$

или,

$$y_{0i} + h_i \sum_{\ell=0}^n c_{i\ell} / (\ell + 1) t^{\ell+1}$$

(на начальном подынтервале для произвольной постоянной полагается $c_{00} = y_{00} = y_0$, на последующих подынтервалах выбор y_{0i} поясняется ниже), принимается за приближение решения:

$$y(x) \approx \Psi_{(\text{int})i(n+1)}(x), \quad x \in [a_i, b_i]$$

Тогда $f(x, y) \approx f(x, \Psi_{(\text{int})i(n+1)}(x))$, и при том же значении n , на том же подынтервале строится интерполяционный полином вида (15) для аналогичного приближения:

$$\Psi_{in}^{(1)}(t) \approx f(x, \Psi_{(\text{int})i(n+1)}(x)), \quad t = (x - a_i)h_i^{-1}.$$

От этого полинома снова берется первообразная с тем же значением константы

$$\Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(1)}(x) = y_{0i} + h_i \int_0^t \Psi_{in}^{(1)}(t) dt,$$

подставляется в правую часть,

$$f(x, y) \approx f(x, \Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(1)}(x)),$$

которая затем аналогично интерполируется,

$$\Psi_{in}^{(2)}(t) \approx f(x, \Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(1)}(x)), \quad t = (x - a_i)h_i^{-1}.$$

Итерации

$$\Psi_{in}^{(\ell)}(t) \approx f(x, \Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x)), \quad t = (x - a_i)h_i^{-1},$$

$$\Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) = y_{0i} + h_i \int_0^t \Psi_{in}^{(\ell)}(t) dt, \quad \ell = 1, 2, \dots,$$

$$\Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(0)}(x) = \Psi_{(\text{int})i(n+1)}(x),$$

$$\Psi_{in}^{(0)}(t) = \Psi_{in}(t),$$

продолжаются до априори заданной границы: $\ell \leq q = \text{const}$.

Всюду выше предполагалось, что за значение y_{0i} было взято $\Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(q)}(b_{i-1})$. По окончании итераций на $[a_i, b_i]$ выполняется переход к $[a_{i+1}, b_{i+1}]$, где за значение $y_{0(i+1)}$ принимается $\Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(q)}(b_i)$.

Таким образом,

$$y_{0(i+1)} = \Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(q)}(b_i) =$$

$$= y_{0(i+1)} + h_{i+1} \int_0^0 \Psi_{(i+1)n}^{(\ell-1)}(t) dt,$$

$$\ell = 1, 2, \dots, q.$$

Отсюда

$$\begin{aligned} \Psi_{(\text{int})(i+1)(n+1)}^{(q)}(a_{i+1}) &= \Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(q)}(b_i) = \\ &= \Psi_{(\text{int})i(n+1)}^{(q)}(a_{i+1}), \quad i = 0, 1, \dots, p-2, \end{aligned}$$

и интегральные полиномы совпадают на каждой общей границе всех соседних подынтервалов. Тем самым кусочно-полиномиальное приближение решения является непрерывной функцией на всем $[a, b]$ из (6).

Кусочно-полиномиальное приближение производной от решения также является непрерывной функцией на всем $[a, b]$.

В самом деле,

$$\Psi_{in}(t) = f(x_{i0}) + \sum_{\ell=1}^n c_{i\ell} t^\ell, \quad t = (x - a_i)h_i^{-1},$$

$$\Psi_{(i+1)n}(a_{i+1}) = f(x_{(i+1)0}) = f(a_{i+1}).$$

С другой стороны, по построению,

$$\Psi_{(i+1)n}(a_{i+1}) = \Psi_{in}(b_i),$$

то есть $\Psi_{in}(b_i) = f(a_{i+1})$.

В результате полиномы на всех соседних подынтервалах имеют одинаковое значение на общей границе.

С учетом того, что полиномы Лагранжа и Ньютона равной степени совпадают при равном числе, одинаковом расположении узлов интерполяции и одинаковых значениях в узлах интерполяции [1], полином $\Psi_{in}(t)$ приближает правую часть (20) с оценкой абсолютной погрешности (11). Отсюда вытекает равномерная сходимость $\Psi_{in}(t)$ именно к производной решения задачи (20). Чтобы это показать формально, можно воспользоваться следующими утверждениями из [3, 4].

Лемма 1 [4]. Пусть для произвольного $n = \text{const}$ функция $y = f(x)$ определена, непрерывна и непрерывно дифференцируема $n+1$ раз на отрезке $[a, b]$, на концах которого подразумеваются соответствующие односторонние производные. Тогда, каково бы ни было $n \geq 1$, последовательность полиномов $\Psi_{in}(t)$ из (15) равномерно сходится к функции $f'(x)$ на данном отрезке при $k \rightarrow \infty$, где предполагается, что $k = \log_2 p$, p – число подынтервалов из (6). Скорость сходимости оценивается из (11) при замене $P_{in}(t)$ на $\Psi_{in}(t)$, где $c = \text{const}$, $t = (x - a_i)h_i^{-1}$, $h_i = (b_i - a_i)n^{-1}$, h – шаг интерполяции полинома $\Psi_{in}(t)$ на $[a, b]$ при $k = 0$: $h = (b - a)n^{-1}$.

В случае $n \leq n_0$, $n_0 = \text{const}$, имеет место

Следствие 1 [4]. В условиях леммы 1, в предположении $h < 1$, для любого i из (6) выполняется неравенство

$$|f(x) - \Psi_{in}(t)| \leq c 2^{-2k} h^2, \quad (21)$$

где $c = \text{const}$ не зависит от выбора степени полинома n .

Замечание 2. В условиях следствия 1 $\forall \varepsilon > 0, \forall n: 1 \leq n \leq n_0$, для всех i из (6) согласно (21) $|f(x) - \Psi_{in}(t)| \leq \varepsilon$, лишь только $0.5 \log_2(c \varepsilon^{-1}) \leq k$, где предполагается, что $k = \log_2 p$.

Равномерная сходимость на $[a, b]$ полиномов $\Psi_{in}(t)$ из (15), независимо от порядка гладкости функции $f(x)$, начиная с двукратной непрерывной дифференцируемости, относится только к функции $f(x)$ из леммы 1. Эти утверждения нельзя непосредственно отнести к правой части $f(x, y)$ из (20). Рассуждения, доказывающие лемму и следствие [4], можно повторить для рассматриваемого приближения функции правой части (20). Тогда эти утверждения сохранятся, если в них функцию $f(x)$ заменить функцией

$$f(x, \Psi_{(int) i (n+1)}^{(q)}(t)),$$

$$t = (x - a_i)h_i^{-1}, i = 0, 1, \dots, p-1.$$

В результате полиномы $\Psi_{in}^{(q)}(t)$ будут равномерно сходиться не к $f(x, y)$ из (20), а к кусочно-полиномиальному (кусочно-интерполяционному) приближению правой части (20)

$$f(x, \Psi_{(int) i (n+1)}^{(q)}(t)),$$

$$t = (x - a_i)h_i^{-1}, i = 0, 1, \dots, p-1.$$

Далее, относительно рассматриваемого метода решения задачи (20) в [3] приводятся следующие утверждения.

Лемма 2 [3]. Пусть выполнены условия леммы 1 применительно к правой части (20), а также условие

$$0 < c_{ik} \leq \max_{[a_i, b_i]} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(\ell)}(t)|, \\ \ell = 0, 1, \dots,$$

где $c_{ik} = c 2^{-k(n+1)} h^{n+1}$ из правой части (11). Пусть, кроме того, $2^{-k}(b-a)N < 1$, и выполняется кусочная интерполяция с итерационным уточнением решения задачи (20). Тогда на произвольном отрезке $[a_r, b_i]$ из (6) найдется номер r_0 , такой, что итерационное уточнение будет удовлетворять неравенству

$$\max_{[a_i, b_i]} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r)}(x)| < c_{ik} \quad \forall r \geq r_0.$$

Теорема 1 [3]. В условиях леммы 2 абсолютная погрешность решения задачи (20) оценивается из неравенства

$$\max_{[a_i, b_i]} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r+1)}(x)| \leq N c_{ik} (b-a) 2^{-k} \quad \forall r \geq r_0, \quad N = L + 1, \quad (22)$$

где L – константа Липшица. Согласно (22) погрешность кусочной интерполяции на любом подынтервале за счет итерационного уточнения уменьшается пропорционально $(b-a)2^{-k}$.

Следствие 2 [3]. Из (22) следует оценка

$$\sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r+1)}(x)| \leq N(b-a)((b-a)/n)^{n+1} c 2^{-k(n+1)}. \quad (23)$$

Пусть задано $\forall \varepsilon > 0$. В (23) можно указать такое $k_0 = k_0(\varepsilon)$, что правая часть не пре-
зойдет ε при $\forall k > k_0$. Именно, $k_0 = (n+1)^{-1} \log_2(N(b-a)((b-a)/n)^{n+1} c \varepsilon^{-1})$.

С учетом неравенства $\max_{[a_i, b_i], \forall i} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r+1)}(x)| \leq \sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r+1)}(x)|$ имеет место

Теорема 2. В условиях леммы 2 абсолютная погрешность решения задачи (20) на всем отрезке решения из (6) оценивается из (23). При этом $\forall \varepsilon > 0$ верно соотношение

$$\max_{[a_i, b_i], \forall i} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r+1)}(x)| \leq \varepsilon \quad \forall k > (n+1)^{-1} \log_2(N(b-a)((b-a)/n)^{n+1} c \varepsilon^{-1}), \quad (24)$$

$$\forall x \in [a, b],$$

$\forall r \geq r_0$, означающее равномерную сходимость метода, если $k \rightarrow \infty$.

Из изложенного вытекает

Теорема 3. В тех же условиях имеет место равномерная сходимость рассматриваемого приближения $\Psi_{in}^{(r+1)}(t)$, $\forall r \geq r_0$, к производной от решения, то есть к правой части (20).

Доказательство. С применением условия Липшица

$$\max_{[a_i, b_i]} |f(x, y(x)) - f(x, \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r+1)}(x))| \leq L \max_{[a_i, b_i]} |y(x) - \Psi_{(int) i (n+1)}^{(r+1)}(x)|, \quad L = \text{const}.$$

Поэтому $\forall r \geq r_0$ выполнено

$$\max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, y(x)) - f(x, \Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)) \right| \leq L \sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - \Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x) \right|.$$

Отсюда и из (24) $\forall \varepsilon > 0$

$$\max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, y(x)) - f(x, \Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)) \right| \leq \frac{\varepsilon}{2} \quad \forall k > (n+1)^{-1} \log_2(N(b-a)((b-a)/n)^{n+1} c 2L \varepsilon^{-1}),$$

$$\forall x \in [a, b].$$

Поскольку

$$\max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, y(x)) - \Psi_{in}^{(r+1)}(t) \right| \leq \max_{[a_i, b_i], \forall i} \left(\left| f(x, y(x)) - f(x, \Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)) \right| + \left| f(x, \Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)) - \Psi_{in}^{(r+1)}(t) \right| \right),$$

$$\text{то } \max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, y(x)) - \Psi_{in}^{(r+1)}(t) \right| \leq \max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, y(x)) - f(x, \Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)) \right| +$$

$$+ \max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, \Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)) - \Psi_{in}^{(r+1)}(t) \right| \quad \forall r \geq r_0.$$

$$\text{Следовательно, } \max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, y(x)) - \Psi_{in}^{(r+1)}(t) \right| \leq \frac{\varepsilon}{2} + \max_{[a_i, b_i], \forall i} c_{ik},$$

где $c_{ik} = c 2^{-k(n+1)} h^{n+1}$ из правой части (11).

В свою очередь, $c_{ik} \leq \frac{\varepsilon}{2}$, если $2\varepsilon^{-1} c h^{(n+1)} \leq 2^k$, или, $(n+1)^{-1} \log_2(2\varepsilon^{-1} c h^{(n+1)}) \leq k$.
Окончательно,

$$\max_{[a_i, b_i], \forall i} \left| f(x, y(x)) - \Psi_{in}^{(r+1)}(t) \right| \leq \varepsilon \quad \forall r \geq r_0, \quad \forall x \in [a, b]$$

для $\forall k > \max \left((n+1)^{-1} \log_2(N(b-a)((b-a)/n)^{n+1} c 2L \varepsilon^{-1}), (n+1)^{-1} \log_2(2\varepsilon^{-1} c h^{(n+1)}) \right)$.

Это означает равномерную сходимость полиномов $\Psi_{in}^{(r+1)}(t)$ к производной от решения задачи (20): $\Psi_{in}^{(r+1)}(t) \rightrightarrows f(x, y(x))$, $\forall r \geq r_0$, если $k \rightarrow \infty$. Теорема доказана.

Следствие 3. В силу

$$\Psi_{in}^{(r+1)}(t) = \left(\Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x) \right)',$$

равномерное приближение производной решения получается из равномерного приближения решения полиномами $\Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)$ путем взятия табличной производной от $\Psi_{(\text{int}) i (n+1)}^{(r+1)}(x)$ в соответствии с (16).

В данном случае, согласно следствию, если интерполяционный полином приближает решение, то производная от него приближает производную от решения (в общем случае это утверждение не выполняется [1]). Обычно точность численного приближения производной ниже точности приближения функции [3], что видно и на приведенном примере приближения гамма-функции. Однако в излагаемом методе приближение решения получается из приближения производной, и точность приближения производной может оказывать-

ся либо близкой к приближению решения, либо выше точности приближения решения, как показывают приводимые ниже результаты экспериментов.

Замечание 3. Изложенный метод переносится на случай системы ОДУ повторением данных рассуждений на случай каждого уравнения системы в отдельности, аналогично переходу к системе, рассмотренному для данного метода в [4].

Если коэффициенты интерполирующего полинома $\Psi_{in}(t)$ вида (15) на каждом подынтервале с номером i сохранять как i -ю строку массива или типизированного файла, то компоненты решения системы ОДУ с помощью адресации (9) за время (10) могут воспроизводиться произвольное число раз в произвольных точках всего отрезка решения без повторного решения системы. Такое воспроизведение обладает естественным параллелизмом и может одновременно выполняться во множестве точек для множества компонентов системы.

Непосредственно ниже предложенный метод иллюстрирует ОДУ, решением задачи Коши для которого является специальная функция.

Решение уравнения

$$x^2 \frac{d^2 y}{dx^2} + x \frac{dy}{dx} + (x^2 - \alpha^2)y = 0 \quad (25)$$

на полуоси $x > 0$ при $\alpha \geq 0$ является функцией Бесселя первого рода $J_\alpha(x)$, которая для целочисленного значения α может быть представлена в виде

$$J_\alpha(x) = \left(\frac{x}{2}\right)^n \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k}{k!(n+k)!} \left(\frac{x}{2}\right)^{2k} \quad [6].$$

Задача Коши для уравнения (25) может быть эквивалентно преобразована к виду

задачи Коши для системы уравнений первого порядка

$$y'_1 = y_2, \quad y'_2 = -(x y_2 + (x^2 - \alpha^2)y_1)/x^2;$$

$$y_1(x_0) = y_{10}, \quad y_2(x_0) = y_{20}. \quad (26)$$

В качестве конкретного примера рассматривается кусочно-интерполяционное решение задачи (26) в случае $\alpha = 1$ на отрезке $[1, 2]$. Приближенное решение выполняется с помощью программы VPI_J1, представленной ниже. Начальные значения для (26) взяты из базы знаний Wolfram|Alpha ($J_1(1)$ и $1/2(J_0(1) - J_2(1))$) [7], – в программе Ynach1 и Ynach2.

```

program vpi_newton; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const a0=1; b0=2; {границы отрезка приближения решения} FILEPATH1='D:\y1.bin'; FILEPATH2='D:\y2.bin';
{пути к файлам для хранения коэффициентов аппроксимирующих полиномов}
Ynach1=0.44005058574493351596; Ynach2=0.32514710081303303549; {начальные значения}
K_iter=30; {число итераций в процессе итерационного уточнения}
Nmin=3; Nmax=6; Kmin=0; Kmax=10; {границы для вариации степени полиномов и числа подынтервалов}
type Coeff = array[0..Nmax] of extended; var file1,file2: file of Coeff; dd1,dd2:Coeff;
function f1(x,y1,y2: extended):extended; begin f1:=y2 end;
function f2(x,y1,y2: extended):extended; var a:extended; begin a:=1; f2:=(x*y2+(x*x-a*a)*y1)/(x*x); end;
procedure RD; type matr=array[0..Nmax,0..Nmax] of extended; vect=array[0..Nmax] of extended;
matrC=array[-5..Nmax] of extended; matrAll=array[0..33000] of matrC; matrC:=^matrAll;
var pod:longint; n,k:byte; i,j,ll:integer; x,y01,y02,a00,b00,max,min,MinGL,s,Min0,h,s1,s2,otrez
ok_integr:extended;
Ck11,Ck12,Ck1_,Ck1_opt,Ck21,Ck22,Ck2_,Ck2_opt:matrC_; d:matr;
procedure Viet(n:byte; var d:matr); var k,i:byte; e:matr; begin
e[1,1]:=1; e[1,0]:=0; for k:=2 to n do begin e[k,0]:=-e[k-1,0]*(k-1);
for i:=1 to k-1 do e[k,k-i]:=e[k-1,k-i-1]-e[k-1,k-i]*(k-1); e[k,k]:=e[k-1,k-1] end;
for k:=1 to n do for i:=0 to k do d[i,k]:=e[k,i] end;
procedure Konech_Raznoct(fy:vect; n:byte; var dy:matr); var i,j:byte; begin
for j:=0 to n-1 do dy[1,j]:=fy[j+1]-fy[j]; for i:=2 to n do for j:=0 to n-i do dy[i,j]:=dy[i-1,j+1]-dy[i-1,j] end;
procedure Newton(U:Vect; n:byte; var Mcoef:matrC); var dy:matr; b:vect; p,s:extended; j,i:byte;
begin Konech_Raznoct(U,n,dy); p:=1; for j:=1 to n do begin p:=p*j; b[j]:=dy[j,0]/p; end; Mcoef[0]:=U[0];
for i:=1 to n do begin s:=0; for j:=i to n do s:=s+d[i,j]*b[j]; Mcoef[i]:=s; end end;
function Gorner(Mcoef:matrC; x:extended):extended; var i,n:byte; s,t:extended;
begin t:=(x-Mcoef[-1])/Mcoef[-2]; n:=trunc(Mcoef[-3]); s:=Mcoef[n];
for i:=n-1 downto 0 do s:=t*s+Mcoef[i]; Gorner:=s end;
procedure Polynomial(x:vect; h,y01,y02:extended; n,k,K_iter:integer; var C1,C2:matrC);
var i,iter:integer; fy1,y1,fy2,y2:vect; A1,A2:matrC;
begin for i:=0 to n do y1[i]:=y01; for i:=0 to n do y2[i]:=y02;
for iter:=1 to K_iter do begin for i:=0 to n do begin fy1[i]:=f1(x[i],y1[i],y2[i]);
fy2[i]:=f2(x[i],y1[i],y2[i]) end;
Newton(fy1,n,A1); Newton(fy2,n,A2);
C1[0]:=y1[0]; C1[-1]:=x[0]; C1[-2]:=h; C1[-3]:=n+1; C1[-4]:=k; C1[-5]:=n*h;
C2[0]:=y2[0]; C2[-1]:=x[0]; C2[-2]:=h; C2[-3]:=n+1; C2[-4]:=k; C2[-5]:=n*h;
for i:=1 to n+1 do begin C1[i]:=A1[i-1]*h/i; C2[i]:=A2[i-1]*h/i; end;
for i:=1 to n do begin y1[i]:=Gorner(C1,x[i]); y2[i]:=Gorner(C2,x[i]); end; end end;
procedure Subinterval(k,n,K_iter:integer; a0,b0,Ynach1,Ynach2:extended;var Ck1,Ck2:matrC_);
var hpd,a00,b00,y01,y02,h:extended; m,pod:longint; x:vect; j:byte;
begin hpd:=(b0-a0)/exp(k*ln(2)); a00:=a0; b00:=a00+hpdp; y01:=Ynach1;y02:=Ynach2; x[0]:=a0; m:=0; pod:=0;
while a00<=b0-hpd/2 do begin h:=(b00-a00)/n; for j:=1 to n do begin inc(m); x[j]:=a0+m*h end;
Polynomial(x,h,y01,y02,n,k,K_iter,Ck1^pod,Ck2^pod); y01:=Gorner(Ck1^pod,x[n]);
y02:=Gorner(Ck2^pod,x[n]); x[0]:=x[n]; inc(pod); a00:=a00+hpdp; b00:=a00+hpdp end end;
function Integral(a0,b0,a00,b00:extended; Ck:matrC_):extended; var pod1,pod2,m:longint; x1,x2,h:ss:extended;
begin h:=(b0-a0)/5; m:=0;x1:=a0;x2:=a0+h;ss:=0; repeat pod1:=trunc((x1-a0)/Ck^[0,-5]);
if abs(x2-b0)<1e-15 then pod2:=trunc(exp(Ck^[0,-4]*ln(2)))-1 else pod2:=trunc((x2-a0)/Ck^[0,-5]);

```



```

ss:=ss+abs(Gorner(Ck^[pod2],x2)-Gorner(Ck^[pod1],x1));
inc(m); x1:=a00+m*h;x2:=x1+h; until x2>b00+h/2; Integral:=ss; end;
begin Viet(Nmax,d); New(Ck11);New(Ck12);New(Ck1 );New(Ck1_opt); New(Ck21); New(Ck22);
New(Ck2 );New(Ck2_opt); MinGL:=1.18E32; n:=Nmin-1;
repeat k:=Kmin; Min:=1.18E32; repeat Subinterval(k,n,K_iter,a0,b0,Ynach1,Ynach2,Ck11,Ck21);
Subinterval(k+1,n,K_iter,a0,b0,Ynach1,Ynach2,Ck12,Ck22);
otrezok_integr:=sqrt(sqrt(abs(b0-a0))); max:=0; a00:=a0; b00:=a0+otrezok_integr; i:=0;
while b00<=b0 do begin s1:=abs(Integral(a0,b0,a00,b00,Ck12)-Integral(a0,b0,a00,b00,Ck11));
s2:=abs(Integral(a0,b0,a00,b00,Ck22)-Integral(a0,b0,a00,b00,Ck21));
if s1>s2 then s:=s1 else s:=s2; if s>max then max:=s;
inc(i); a00:=a0+i*otrezok_integr; b00:=a0+otrezok_integr; end;
if max<Min then begin Min:=max; Ck1_:=Ck12^;Ck2_:=Ck22^; end; inc(k);
until k>Kmax-1; if Min<MinGL then begin MinGL:=Min;
Ck1_opt^:=Ck1_^;Ck2_opt^:=Ck2_^; end; inc(n); until n>Nmax-1;
writeln('N=',(Ck1_opt^[0,-3]):3:0,'K=',Ck1_opt^[0,-4]:3:0); {вывод на экран программно определен-
ных значений степени полиномов и числа подынтервалов приближения}
pod:=trunc(exp(trunc(Ck1_opt^[0,-4])*ln(2)))-1; AssignFile(file1,FILEPATH1);
AssignFile(file2,FILEPATH2);
Rewrite(file1); Rewrite(file2); for i:=0 to pod do begin for ll := 0 to trunc(Ck1_opt^[0,-3]) do begin
dd1[ll]:=Ck1_opt^[i,ll]; dd2[ll]:=Ck2_opt^[i,ll]; end; for ll := trunc(Ck1_opt^[0,-3])+1 to Nmax do begin
dd1[ll]:=0; dd2[ll]:=0; end; writeln(' n_pod=',i); for ll:= 0 to trunc(Ck1_opt^[0,-3]) do writeln('c1[' ,ll,']=
',dd1[ll],'; c2[' ,ll,']=',dd2[ll]); write(file1,dd1); write(file2,dd2); end; {вывод на экран и запись в файлы}
коэффициентов полиномов, аппроксимирующих компоненты решения задачи Коши}
CloseFile(file1); CloseFile(file2); Dispose(Ck11); Dispose(Ck12); Dispose(Ck1 ); Dispose(Ck1_opt);
Dispose(Ck21);Dispose(Ck22); Dispose(Ck2 ); Dispose(Ck2_opt); end;
begin RD; readln; end.

```

Результат работы программы:

N = 6 K = 8

n_pod=0

c1[0]= 4.40050585744934E-0001; c2[0]= 3.25147100813033E-0001
c1[1]= 2.54021172510182E-0004; c2[1]=-2.54021172510182E-0004
c1[2]=-9.92270205117900E-0008; c2[2]=-7.01315215648807E-0008
c1[3]=-1.82634170740876E-0011; c2[3]= 2.13729284469057E-0011
c1[4]= 4.17440004516463E-0015; c2[4]= 2.88286219759756E-0015
c1[5]= 4.50455121258192E-0019; c2[5]=-5.68154407978716E-0019
c1[6]=-7.45565458781129E-0023; c2[6]=-5.04690464405687E-0023

n_pod=1

c1[0]= 4.41318208651655E-0001; c2[0]= 3.23875244335859E-0001
c1[1]= 2.53027534637390E-0004; c2[1]=-2.54720883316543E-0004
c1[2]=-9.95003450455246E-0008; c2[2]=-6.98104959195136E-0008
c1[3]=-1.81798166456106E-0011; c2[3]= 2.14304435261119E-0011
c1[4]= 4.18563346052092E-0015; c2[4]= 2.86863944238709E-0015
c1[5]= 4.48232542097636E-0019; c2[5]=-5.69666714719959E-0019
c1[6]=-7.47330110754575E-0023; c2[6]=-4.98808291160866E-0023

.....
n_pod=254

c1[0]= 5.77216268940375E-0001; c2[0]=-6.13415536834909E-0002
c1[1]=-4.79230888152273E-0005; c2[1]=-3.13271196478513E-0004
c1[2]=-1.22371561124419E-0007; c2[2]= 2.61539113167236E-0008
c1[3]= 6.81091440537376E-0012; c2[3]= 2.55335057340332E-0011
c1[4]= 4.98701284847115E-0015; c2[4]=-1.34958535116744E-0015
c1[5]=-2.10874388814525E-0019; c2[5]=-6.65800719068586E-0019
c1[6]=-8.65708847306609E-0023; c2[6]= 2.72638729897478E-0023

n_pod=255

c1[0]= 5.76973595061751E-0001; c2[0]=-6.29072526272579E-0002
c1[1]=-4.91462911150452E-0005; c2[1]=-3.13007743029289E-0004
c1[2]=-1.22268649620816E-0007; c2[2]= 2.65367106329359E-0008
c1[3]= 6.91060172730020E-0012; c2[3]= 2.55063476449395E-0011
c1[4]= 4.98170853663556E-0015; c2[4]=-1.36622023563020E-0015
c1[5]=-2.13474140276255E-0019; c2[5]=-6.64986508648038E-0019
c1[6]=-8.64238303995403E-0023; c2[6]= 2.65580122003692E-0023

В представленной программе реализован алгоритм «автоматического» выбора наименьшей степени полинома и наименьшего числа подынтервалов (для приближения решения) в заданных ограничениях. Алгоритм подробно описан в [4]. В границах вариации степени полиномов от $n = 3$ до $n = 6$ и числа подынтервалов – от $p = 2^0$ до $p = 2^{10}$ программно определены значения $n = 6$, $p = 2^8$, соответствующие приближению решения задачи (26) с минимальной погрешностью. Рассчитанные

программой коэффициенты полиномиальных приближений для рассматриваемой функции Бесселя (y_1 из (26)) и ее производной (y_2 из (26)) сохраняются в типизированные файлы. После этого значения функции Бесселя первого рода единичного порядка $J_1(x)$ ($\alpha = 1$) и ее первых двух производных на отрезке $[1, 2]$ могут воспроизводиться произвольное число раз с погрешностью порядка 10^{-19} в любой точке отрезка приближения с применением следующей программы:

```
program calc_fun_deriv; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils, Math;
const nmax=6; aa=1; bb=2; n=6; k=8; {параметры приближения решения}
FILEPATH1='D:\y1.bin'; FILEPATH2='D:\y2.bin'; {пути к файлам, хранящим значения коэффици-
ентов, аппроксимирующих решение полиномов}
xpr=1.5+1/21; f_pr = 0.5641385068083141846631; proiz_pr = 0.120587690235184972092;
proiz2_pr = -0.406520534815932824205; {проверочная точка и точные значения функции и ее пер-
вых двух производных в данной точке для вычисления абсолютной погрешности приближения}
var t,hh,h:extended; f,proiz,proiz2:extended; rr:integer;
procedure calc(x: extended); type Coeff = array[0..Nmax] of extended; var file1, file2: file of Coeff;
dd1,dd2: Coeff;
function gorner1 (const dd:Coeff): extended; var pp:extended;i:integer;
begin pp:=dd[n]; for i:=1 to n do pp:=pp*t+dd[n-i]; gorner1:=pp; end;
function gorner2 (const dd:Coeff): extended; var pp:extended;i:integer;
begin pp:=dd[n]*n/h; for i:=1 to n-1 do pp:=pp*t+dd[n-i]*(n-i)/h; gorner2:=pp; end;
begin AssignFile(file1, FILEPATH1); Reset(file1); AssignFile(file2, FILEPATH2); Reset(file2);
if x<bb then rr:=trunc((x-aa)/hh) else rr:=trunc((x-aa)/hh)-1;
seek(file1,rr); read(file1,dd1); seek(file2,rr); read(file2,dd2); t:=(x-(aa+rr*hh))/h;
f:=gorner1(dd1); proiz:= gorner2(dd1); proiz2:= gorner2(dd2); CloseFile(file1);CloseFile(file2);end;
begin hh:=(bb-aa)/power(2,k); h:=hh/(n-1); calc(xpr);
writeln('xpr=',xpr; f(xpr)=',f; pogr=',abs(f-f_pr));
writeln('xpr=',xpr; proiz(xpr)=',proiz; pogr=',abs(proiz-proiz_pr));
writeln('xpr=',xpr; proiz2(xpr)=',proiz2; pogr=',abs(proiz2-proiz2_pr)); readln; end.
```

Результат работы программы:

```
xpr= 1.54761904761905E+0000; f(xpr)= 5.64138506808314E-0001; pogr= 5.42101086242752E-0020
xpr= 1.54761904761905E+0000; proiz(xpr)= 1.20587690235185E-0001; pogr= 9.48676900924816E-0020
xpr= 1.54761904761905E+0000; proiz2(xpr)=-4.06520534815933E-0001; pogr= 1.08420217248550E-0019
```

Время вычисления приближенного значения функции $6(t_y + t_c)$, ее первой производной – $5(t_y + t_c)$, второй производной – $4(t_y + t_c)$. Для дополнительного сокращения времени вычисления можно построить кусочно-интерполяционное приближение решения задачи (26) при фиксированных значениях параметров [3] (без их «автоматического» выбора) с использованием следующей программы.

```
program fpi_newton; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const a0=1; b0=2; FILEPATH1='D:\y1.bin'; FILEPATH2='D:\y2.bin'; k_iter=30;
Ynach1=0.44005058574493351596; Ynach2=0.32514710081303303549;
n_fix=4; k_fix=12; {фиксированные значения параметров приближения решения}
type Coeff = array[0..n_fix] of extended; var file1,file2: file of Coeff; dd1,dd2:Coeff;
function f1(x,y1,y2: extended):extended; begin f1:=y2 end;
function f2(x,y1,y2: extended):extended; var a:extended; begin a:=1; f2:=(x*y2+(x*x-a*a)*y1)/(x*x); end;
procedure RD; type matr=array[0..n_fix,0..n_fix] of extended;
vect=array[0..n_fix] of extended; matrC=array[-5..n_fix] of extended;
matrAll=array[0..33000] of matrC; matrC:=^matrAll; var pod:longint; n,k:byte; i,ll:integer; Ck1,Ck2:matrC; d:matr;
procedure Viet(n:byte; var d:matr); var k,i:byte; e:matr; begin e[1,1]:=1; e[1,0]:=0; for k:=2 to n do begin
e[k,0]:=-e[k-1,0]*(k-1); for i:=1 to k-1 do e[k,k-i]:=e[k-1,k-i-1]-e[k-1,k-i]*(k-1); e[k,k]:=e[k-1,k-1] end;
for k:=1 to n do for i:=0 to k do d[i,k]:=e[k,i] end;
procedure Konech_Raznoct(fy:vect; n:byte; var dy:matr); var i,j:byte; begin for j:=0 to n-1 do dy[1,j]:=fy[j+1]-fy[j];
for i:=2 to n do for j:=0 to n-i do dy[i,j]:=dy[i-1,j+1]-dy[i-1,j] end;
procedure Newton(U:Vect; n:byte; var Mcoef:matrC); var dy:matr; b:vect; p,s:extended; j,i:byte;
begin Konech_Raznoct(U,n,dy); p:=1; for j:=1 to n do begin p:=p*j; b[j]:=dy[j,0]/p; end; Mcoef[0]:=U[0];
for i:=1 to n do begin s:=0; for j:=i to n do s:=s+d[i,j]*b[j]; Mcoef[i]:=s; end end;
function Gorner(Mcoef:matrC; x:extended):extended; var i,n:byte; s,t:extended;
```

```

begin t:=(x-Mcoef[-1])/Mcoef[-2]; n:=trunc(Mcoef[-3]); s:=Mcoef[n];
for i:=n-1 downto 0 do s:=t*s+Mcoef[i]; Gorner:=s end;
procedure Polynomial(x: vect; h, y01, y02: extended; n, k, K_iter: integer; var C1, C2: matrC);
var i, iter: integer; fy1, y1, fy2, y2: vect; A1, A2: matrC;
begin for i:=0 to n do y1[i]:=y01; for i:=0 to n do y2[i]:=y02;
for iter:=1 to K_iter do begin for i:=0 to n do begin fy1[i]:=f1(x[i], y1[i], y2[i]); fy2[i]:=f2(x[i], y1[i], y2[i]) end;
Newton(fy1, n, A1); Newton(fy2, n, A2); C1[0]:=y1[0]; C1[-1]:=x[0]; C1[-2]:=h;
C1[-3]:=n+1; C1[-4]:=k; C1[-5]:=n*h;
C2[0]:=y2[0]; C2[-1]:=x[0]; C2[-2]:=h; C2[-3]:=n+1; C2[-4]:=k; C2[-5]:=n*h;
for i:=1 to n+1 do begin C1[i]:=A1[i-1]*h/i; C2[i]:=A2[i-1]*h/i; end;
for i:=1 to n do begin y1[i]:=Gorner(C1, x[i]); y2[i]:=Gorner(C2, x[i]); end end end;
procedure Subinterval(k, n, K_iter: integer; a0, b0, Ynach1, Ynach2: extended; var Ck1, Ck2: matrC);
var hpd, a00, b00, y01, y02, h: extended; m, pod: longint; x: vect; j: byte;
begin hpd:=(b0-a0)/exp(k*ln(2)); a00:=a0; b00:=a00+hpd; y01:=Ynach1; y02:=Ynach2; x[0]:=a0; m:=0; pod:=0;
while a00<=b0-hpd/2 do begin h:=(b00-a00)/n; for j:=1 to n do begin inc(m); x[j]:=a0+m*h end;
Polynomial(x, h, y01, y02, n, k, K_iter, Ck1^[pod], Ck2^[pod]); y01:=Gorner(Ck1^[pod], x[n]);
y02:=Gorner(Ck2^[pod], x[n]); x[0]:=x[n]; inc(pod); a00:=a00+hpd; b00:=a00+hpd end end;
begin Viet(n_fix, d); New(Ck1); New(Ck2); n:=n_fix-1; k:=k_fix;
Subinterval(k, n, K_iter, a0, b0, Ynach1, Ynach2, Ck1, Ck2); pod:=trunc(exp(k*ln(2)))-1;
AssignFile(file1, FILEPATH1); AssignFile(file2, FILEPATH2); Rewrite(file1); Rewrite(file2);
for i:=0 to pod do begin for ll:=0 to trunc(Ck1^[0, -3]) do begin dd1[ll]:=Ck1^[i, ll]; dd2[ll]:=Ck2^[i, ll]; end;
write(file1, dd1); write(file2, dd2); writeln(' n pod=', i);
for ll:=0 to trunc(Ck1^[0, -3]) do writeln('c1[' , ll, ']=', dd1[ll], ' ; c2[' , ll, ']=', dd2[ll]); end;
CloseFile(file1); CloseFile(file2); Dispose(Ck1); Dispose(Ck2); end;
begin RD; readln; end.

```

При значениях $n = 4$, $p = 2^{12}$ кусочно-интерполяционное приближение решения задачи (26) на отрезке $[1, 2]$ после сохранения коэффициентов полиномиальных приближений позволяет вычислять значения функции Бесселя и ее первых двух производных с погрешностью порядка 10^{-19} за время $4(t_y + t_c)$, $3(t_y + t_c)$ и $2(t_y + t_c)$ соответственно с применением представленной выше программы `newton_bessel`. С этой целью в программе `newton_bessel` необходимо вы-

полнить следующие изменения: заменить значения параметров приближения с $n = 6$; $k = 8$; на $n = 4$; $k = 12$; и значения адресов обращения к типизированным файлам, хранения коэффициенты аппроксимирующих полиномов, заменить с `FILEPATH1='E:\bessel.bin'`; `FILEPATH2='E:\bessel_deriv.bin'`; на `FILEPATH1='E:\bessel_fix.bin'`; `FILEPATH2='E:\bessel_deriv_fix.bin'`. Результат работы программы `newton_bessel` после выполнения указанных изменений:

```

xpr= 1.54761904761905E+0000; f(xpr)= 5.64138506808314E-0001; pogr= 8.13151629364128E-0019
xpr= 1.54761904761905E+0000; proiz(xpr)= 1.20587690235185E-0001; pogr= 4.20128341838133E-0019
xpr= 1.54761904761905E+0000; proiz2(xpr)= -4.06520534815933E-0001; pogr= 5.14996031930615E-0019

```

Кусочно-интерполяционное воспроизведение гипергеометрической функции

Многие специальные и элементарные функции при определенных значениях параметров и преобразовании независимого аргумента могут быть получены из гипергеометрической функции $y = F(a, b, c, z)$, удовлетворяющей дифференциальному уравнению Гаусса (гипергеометрическому дифференциальному уравнению [6])

$$z(1-z) \frac{d^2 y}{dz^2} + (c - (a+b+1)z) \frac{dy}{dz} - aby = 0, \quad (27)$$

где a, b, c могут быть произвольными комплексными числами. В качестве конкретного примера рассматривается уравнение (27) при $a = 1$, $b = 1$, $c = 2$, $z = -x$. Задача Коши для уравнения (27) при данных значениях параметров может быть эквивалентно преобразована к виду задачи Коши для системы уравнений первого порядка

$$y'_1 = y_2, \quad y'_2 = -((2+3x)y_2 + y_1)x^{-1}(1+x)^{-1}; \quad y_1(x_0) = y_{10}, \quad y_2(x_0) = y_{20}. \quad (28)$$

Первый компонент решения задачи (28), y_1 , определяет гипергеометрическую функцию $F(1, 1, 2, -x)$, через которую выражается суперпозиция элементарных функций $x^{-1} \ln(1+x)$. Кусочно-интерполяционное приближение решения задачи (28) строится на отрезке $[1, 2]$ при начальных значениях: $y_{10} = \ln(2)$, $y_{20} = 0.5 - \ln(2)$.

Для решения данной задачи с помощью представленной выше программы `vpf_newton` с автоматическим выбором параметров приближения в ней необходимо задать соответствующие величины констант для начальных условий: $Y_{nach1}=0.693147180559945309417$; Y_{na}

$ch2=-0.193147180559945309417$; и подпрограмму для вычисления второго компонента функции правой части системы (28): `function f2(x,y1,y2: extended): extended; begin f2:=(y1+(2+3*x)*y2)/(-x*(1+x)); end`; Результат работы программы `vpf_newton` после выполнения указанных изменений:

$N = 5$ $K = 10$

$n_{pod}=0$
 $c1[0]=6.93147180559945E-0001$; $c2[0]=-1.93147180559945E-0001$
 $c1[1]=-4.71550733788929E-0005$; $c2[1]=3.32749905077858E-0005$
 $c1[2]=4.06188848971991E-0009$; $c2[2]=-4.73508487223590E-0009$
 $c1[3]=-3.85342193333389E-0013$; $c2[3]=6.31874071599231E-0013$
 $c1[4]=3.85665096872492E-0017$; $c2[4]=-8.18102889871224E-0017$
 $c1[5]=-3.98949209434325E-0021$; $c2[5]=1.03993146610166E-0020$

$n_{pod}=1$
 $c1[0]=6.92958625231994E-0001$; $c2[0]=-1.93014156318853E-0001$
 $c1[1]=-4.71225967575325E-0005$; $c2[1]=3.32371401378332E-0005$
 $c1[2]=4.05726808323156E-0009$; $c2[2]=-4.72751023050888E-0009$
 $c1[3]=-3.84725767410964E-0013$; $c2[3]=6.30566770603659E-0013$
 $c1[4]=3.84867181220694E-0017$; $c2[4]=-8.16022974550916E-0017$
 $c1[5]=-3.97931777280885E-0021$; $c2[5]=1.03679920884879E-0020$

.....
 $n_{pod}=1023$
 $c1[0]=5.49411624815614E-0001$; $c2[0]=-1.08037627350261E-0001$
 $c1[1]=-2.63763738648099E-0005$; $c2[1]=1.28104262689107E-0005$
 $c1[2]=1.56377273790414E-0009$; $c2[2]=-1.24139691783414E-0009$
 $c1[3]=-1.01025139793880E-0013$; $c2[3]=1.12161351649742E-0013$
 $c1[4]=6.84578362795783E-0018$; $c2[4]=-9.79722426540246E-0018$
 $c1[5]=-4.77944957933139E-0022$; $c2[5]=8.38637064036887E-0022$

После расчета и сохранения в типизированном файле коэффициентов полиномиальных приближений решения задачи (28) гипергеометрическая функция $F(1,1,2,-x)$ и ее первые две производные на отрезке $[1, 2]$ могут воспроизводиться произвольное число раз с погрешностью, не превышающей порядка 10^{-19} , в любой точке отрезка приближения с применением

программы `calc_fun_deriv`, в которой необходимо заменить значения параметров приближения с $n = 6$; $k = 8$; на $n = 5$; $k = 10$ и задать точные значения функции $F(1,1,2,-x)$ и ее первых двух производных в проверочной точке $xpr=1.5+1/21$: $f_{pr}=0.604256724299978314311$; $proiz_{pr}=-0.136812324802890373043$; $proiz2_{pr}=0.077247729744803399694$;

Результат работы программы:

$xpr=1.54761904761905E+0000$; $f(xpr)=6.04256724299978E-0001$; $pogr=7.04731412115578E-0019$
 $xpr=1.54761904761905E+0000$; $proiz(xpr)=-1.36812324802890E-0001$; $pogr=2.71050543121376E-0020$
 $xpr=1.54761904761905E+0000$; $proiz2(xpr)=7.72477297448034E-0002$; $pogr=1.35525271560688E-0019$

Время вычисления приближенного значения гипергеометрической функции $5(t_v + t_c)$, ее первой производной $-4(t_v + t_c)$, второй производной $-3(t_v + t_c)$. С целью дополнительного снижения времени вычисления, аналогично тому, как было показано для приближения функции Бесселя, строится кусочно-интерполяционное приближение решения задачи (28) при фиксированных значениях параметров с использованием программы

`fpi_newton`. После задания соответствующих констант для начальных условий и подпрограммы для вычисления второго компонента функции правой части системы (28), программа `fpi_newton` формирует файлы с коэффициентами полиномиальных приближений решения задачи (28). Далее, в `calc_fun_deriv` задаются требуемые значения параметров: $nmax = 4$; $n = 4$; $k = 12$. Результат работы программы `calc_fun_deriv`:

$xpr=1.54761904761905E+0000$; $f(xpr)=6.04256724299978E-0001$; $pogr=8.13151629364128E-0019$
 $xpr=1.54761904761905E+0000$; $proiz(xpr)=-1.36812324802890E-0001$; $pogr=9.48676900924816E-0020$
 $xpr=1.54761904761905E+0000$; $proiz2(xpr)=7.72477297448034E-0002$; $pogr=4.33680868994202E-0019$

В этом случае значения гипергеометрической функции и ее первых двух производных вычисляются с абсолютной погрешностью порядка 10^{-19} за время $4(t_y + t_c)$, $3(t_y + t_c)$ и $2(t_y + t_c)$ соответственно.

О значении непрерывных кусочно-полиномиальных приближений с запоминаемыми коэффициентами

Относительно приближения функций рассмотренным методом необходимо отметить следующее. Во-первых, на данной основе сравнительно просто создается библиотека стандартных и часто повторяющихся функций. При этом для произвольно заданной точности приближения достигается минимальное время вычисления (за счет уменьшения длины подынтервалов при одновременном увеличении их количества и фиксировании степени полинома). В силу общности понятия интерполяции библиотека охватывает широкий класс функций в произвольном диапазоне изменения аргумента в области допустимых значений. Во-вторых, при приближении функций, задаваемых сложным алгоритмом, могут возникать принципиальные трудности для исследования этих функций. В то же время кусочно-полиномиальное приближение этих функций со свойством непрерывности дает возможность выполнить искомое исследование как исследование данного приближения. При этом все экстремумы и нули функции можно идентифицировать программно («автоматически»), подав данное непрерывное приближение на вход программы, основанной на устойчивой адресной сортировке [8].

Относительно приближения решения задачи Коши для системы ОДУ рассмотренным методом принимается во внимание следующее. Во-первых, непрерывное кусочно-полиномиальное приближение к решению становится хранимым без ограничения во времени: в типизированных файлах хранятся коэффициенты полиномов покомпонентного приближения в соответствии каждому подынтервалу. Область приближенного решения практически может быть произвольной, но ограниченной. То же относится к непрерывному кусочно-полиномиальному приближению компонентов производной от решения (правой части системы). Хранимое приближение решения может воспроизводиться неограниченное число раз в произвольном множестве точек приближения. При этом время восстановления приближения решения (производной) в любой точке измеряется согласно

(10) с использованием адреса (9) для строки типизированного файла, и не требуется последовательное прохождение всех точек решения заново. Этот процесс обладает естественным параллелизмом, приближение решения и производной может восстанавливаться одновременно во всем требуемом множестве точек, но при необходимости может воспроизводиться последовательно без трудоемкой обработки правой части системы. Такое качество приближения целесообразно для исследования и ускорения численных дифференциальных моделей процессов. Во-вторых, факт получения, хранения и возможности воспроизведения непрерывного и непрерывно дифференцируемого кусочно-полиномиального приближения решения задачи Коши для системы ОДУ предоставляет возможность математического исследования особенностей решения и производной. В силу аналитичности приближений применимыми оказываются все известные математические методы, но процесс исследования можно «автоматизировать», подавая хранимое приближение на вход отмечавшейся программы на основе сортировки [8].

Непосредственно само приближенное решение, получаемое методом кусочной интерполяции с итерационным уточнением (с «автоматическим» выбором степени полинома и числа подынтервалов), отличается качеством существенно ограниченного накопления погрешности по длине промежутка решения [4]. Это означает, что хранимое приближение будет обладать высокой точностью (и одновременно высокой скоростью воспроизведения) на всем промежутке решения. Время последовательного воспроизведения хранимого приближения решения (и производной) на всем промежутке приближения измеряется произведением степени полинома на количество подынтервалов: $T = pn(t_y + t_c)$, где p из (6). Оценка указывает на отсутствие обращений к правой части системы, которые обычно определяют трудоемкость приближенного метода, но при воспроизведении хранимого приближения такие обращения исключены по построению. Существенна та особенность хранимого приближения, что воспроизводить его можно в любом порядке: не обязательно от начальной точки к конечной. В частности, воспроизводить приближение можно от конца к началу, от середины промежутка к началу и к концу. То же можно делать отдельно по любым частям промежутка и т.д. Формально воспроизведение приближения взаимно независимо по всем частям промежутка

приближения, причем значения данных являются готовыми во всех частях. Это влечет максимальный параллелизм воспроизведения хранимого приближения (с разбиением (6) на независимые части), что ускоряет и без того быстрый процесс пропорционально числу R процессорных элементов параллельной вычислительной системы: $T(R) = p n(t_y + t_c) / R$. В частности, если $R = p$, то $T(p) = n(t_y + t_c)$, и решение воспроизводится за время вычисления полинома по схеме Горнера. Само вычисление полинома можно ускорить с помощью известных схем распараллеливания, тогда, в частности, может быть достигнуто время воспроизведения хранимого приближения решения с оценкой $T(np) = O(\log_2 n)$. Если же n мало и фиксировано, то $T(np) = O(1)$. Это существенно отличает предложенный метод от классических [9, 10] и современных [11, 12] методов численного интегрирования ОДУ.

Необходимо оговориться, что допустимое в оценках сложности абстрагирование от обмена в данном случае может оказаться некорректным. Нельзя рассматривать одновременное обращение к памяти многих процессорных элементов, не указав архитектуру памяти вычислительной системы, поскольку вся суть воспроизведения приближения завязана на структуру типизированного файла. Тем не менее просматривается возможность распределить такой файл по секторам памяти с доступом для каждого процессорного элемента.

В-третьих, все качества быстродействия и точности хранимых приближений могут быть задействованы еще на этапе априорного решения задачи Коши для системы. Именно, для всех функций правых частей системы может быть создана библиотека стандартных программ рассмотренного выше вида. Тогда при первоначальном приближенном решении каждое обращение к правой части системы упрощается и ускоряется. Можно объединить рассмотренные свойства для определения в навигационном приемнике текущих значений координат и составляющих вектора скорости центра масс навигационного космического аппарата (НКА). Тогда окажется, что на заданный момент времени из 30-минутного интервала прогнозирования, рассчитываемого по оперативной эфемеридной информации из навигационного сообщения на основе численного интегрирования дифференциальных уравнений движения центра масс НКА [13], искомые координаты могут быть получены с повышенной точностью, затем многократно обрабо-

ны с целью уточненного предсказания. Для данного применения перспективной является возможность максимально параллельной обработки вычислений. Подобный подход с целью высокоточной быстродействующей обработки применяется в программе ORBGEN в составе Bernese GNSS высокоточного программного обеспечения для постобработки наблюдений глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Именно, реализовано хранение приближенного решения уравнений движения спутников в виде файла с коэффициентами полиномов, аппроксимирующих решение [14], однако метод аппроксимации отличается от кусочной интерполяции. Построение коэффициентов полиномов, аппроксимирующих решение уравнений движения спутников, в программе выполняется на основе метода коллокации, фактически являющегося неявным методом Рунге – Кутты [10], при этом точность исходного приближения понижается.

Из других возможностей предложенного метода отмечается возможность организации на его основе банка хранимых кусочно-полиномиальных приближений решений задачи Коши для одной системы при различных начальных значениях, а также аналогичных приближений для класса задач, что может использоваться при численном решении двухточечной задачи Коши [15] и для компьютерной оценки отклонения от невозмущенного решения.

Заключение

Изложен метод компьютерного вычисления функций, инвариантный относительно вида функции, точности приближения и временной сложности. Метод состоит в построении непрерывного кусочно-интерполяционного приближения функции одной действительной переменной, осуществляет аналогичное приближение решения задачи Коши для ОДУ и производной от решения. Приближение является хранимым в памяти компьютера, быстро воспроизводится и позволяет выполнять исследование функций, решения задачи Коши, производной от решения. Предложенное приближение характеризуется сравнительно высокой точностью и восстанавливается с малой временной сложностью. Раскрыта методика построения, показано математическое и техническое значение хранимой непрерывной кусочной интерполяции функций одной действительной переменной и решений задачи Коши для ОДУ применительно к многократному воспроизведению.

Список литературы

1. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т. 1. М.: Наука, 1966. 632 с.
2. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. II // Кибернетика и системный анализ. 2007. № 2. С. 161–174.
3. Ромм Я.Е., Джанунц Г.А. Кусочная интерполяция функций, производных и интегралов с приложением к решению обыкновенных дифференциальных уравнений // Современные наукоемкие технологии. № 12-2. 2020. С. 291–316. DOI: 10.17513/snt.38448.
4. Джанунц Г.А., Ромм Я.Е. Варьируемое кусочно-интерполяционное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений с итерационным уточнением // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2017. Т. 57. № 10. С. 1641–1660.
5. Ромм Я.Е., Джанунц Г.А., Медведкин А.А. О библиотеке стандартных программ вычисления функций на основе кусочной интерполяции // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 11. С. 57–70. DOI: 10.17513/snt.39397.
6. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 2. СПб. – М. – Краснодар: Лань, 2020. 800 с.
7. Wolfram|Alpha. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wolframalpha.com/> (дата обращения: 30.12.2022).
8. Ромм Я.Е. Идентификация нулей и экстремумов функций на основе сортировки с приложением к анализу устойчивости. I. Случай одной действительной переменной // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 6-1. С. 79–97. DOI: 10.17513/snt.38075.
9. Хайрер Э., Нерсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. М.: Мир, 1990. 512 с.
10. Хайрер Э., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи. М.: Мир, 1999. 685 с.
11. Awoyemi D.O., Kayode S.J., Adoghe L.O. A Five-Step P-Stable Method for the Numerical Integration of Third Order Ordinary Differential Equations. American Journal of Computational Mathematics. 2014. № 4. P. 119–126.
12. Fatimah B.O., Senapon W.A., Adebawale A.M. Solving Ordinary Differential Equations with Evolutionary Algorithms. Open Journal of Optimization. 2015. № 4. P. 69–73. DOI: 10.4236/OJOP.2015.43009.
13. ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Общее описание системы с кодовым разделением сигналов. Редакция 1.0. Сайт ОАО «Российские космические системы». [Электронный ресурс]. URL: <http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2016/08/IKD.-Obshh.-opis.-Red.-1.0-2016.pdf> (дата обращения: 30.12.2022).
14. Dach R., Lutz S., Walser P., Fridez P. (Eds); Bernese GNSS Software Version 5.2. User manual, Astronomical Institute, University of Bern, Bern Open Publishing. 2015. DOI: 10.7892/boris.72297.
15. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. СПб.: Лань, 2021. 400 с.

УДК 519.688

ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ НА МРТ-СНИМКАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА: ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ВЫБОРКИ НА СТАБИЛЬНОСТЬ МОДЕЛИ ГЛУБИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Талалаев М.В.*ООО «Алатойс», Йошкар-Ола;**ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола,**e-mail: oblomoff1@yandex.ru*

С учетом все большего накопления цифровых данных в области медицины (в том числе оцифрованных 3D-изображений снимков головного мозга), а также поступательного развития современных графических процессоров становится возможным применение методов машинного и глубинного обучения для построения различного рода предсказательных моделей поведения головного мозга и исключения «человеческого» фактора при принятии решений в области исследования проблем в указанной области. В рамках работы исследованы два набора данных трехмерных снимков головного мозга ABIDE I+II и HCP. Каждый из представленных датасетов является открытым и содержит размеченные данные на предмет наличия/отсутствия аутизма у лиц мужского и женского пола. В статье представлена архитектура модели, основанной на методе глубинного обучения, представлены результаты первичных исследований (обучение, валидация, тестирование). На основе полученных результатов представлены предложения по доработке модели (в том числе гиперпараметров) с учетом результатов первичного обучения модели. Основной упор сделан на исследование оптимального размера выборки, предлагаемого для модели глубинного обучения, с целью минимизации затрачиваемых ресурсов программного и технического комплексов и максимизации получаемого результата без снижения качества предсказаний модели.

Ключевые слова: МРТ, магнитно-резонансная томография, сверточная нейросеть, глубинное обучение, головной мозг, размер выборки, аутизм, трехмерное изображение

PREDICTIVE MODELS IN BRAIN'S MRI: THE SAMPLE SIZE DEFINITION ON DEEP LEARNING MODEL

Talalaev M.V*Alatoys LTD, Yoshkar-Ola;**Mari State University, Yoshkar-Ola, e-mail: oblomoff1@yandex.ru*

Taking into account the increasing accumulation of digital data in the field of medicine (including digitized 3D images of brain images), as well as the progressive development of modern graphics processors, it becomes possible to use machine and deep learning methods to build various kinds of predictive models of brain behavior and exclusion "human" factor when making decisions in the field of research problems in this area. As part of the work, 2 sets of data of three-dimensional images of the brain ABIDE I + II and HCP were studied. Each of the presented datasets is open and contains labeled data on the presence / absence of autism in males and females. The article presents the architecture of the model based on the deep learning method, presents the results of primary research (training, validation, testing). Based on the results obtained, proposals are presented for refining the model (including hyperparameters), taking into account the results of the initial training of the model. The main emphasis is on the study of the optimal sample size proposed for the deep learning model in order to minimize the resources spent on software and hardware systems and maximize the result obtained without reducing the quality of the model predictions.

Keywords: MRI, magnetic resonance imaging, convolutional neural network, deep learning, brain, sample size, autism, 3d image

Различные отклонения в области головного мозга составляют примерно 85–90% от общего количества патологий центральной нервной системы [1, с. 114–123]. В этой связи вопрос улучшения диагностики при проведении МРТ должен быть реализован с целью качественного улучшения дальнейшей жизни наблюдаемых.

Специалист, читающий МРТ-снимки, должен принимать решения, основываясь лишь на своем наблюдении отклонений. Так, опухоли на снимке МРТ выделены светлыми, ассиметричными пятнами с нарушенными границами. При инсульте (ишемии головного мозга) образуется область кислородного голодания светлого

цвета с выделением мозговых артерий. При рассеянном склерозе накапливаются осветленные области очагового характера, концентрация которых зависит от стадии заболевания. При сосудистых заболеваниях: при аневризме расширяются и истончаются стенки артерий; при атеросклерозе – сужаются просветы артерий из-за наличия закупоривающих бляшек [2, с. 83]. И все это специалист должен уметь уловить собственным взглядом.

Несомненно, факт человеческой ошибки при определении различных патологий головного мозга крайне велик, поскольку при сканировании методом МРТ генерируется значительное количество снимков

(информации). Человек не всегда способен уловить малейшие отклонения, возникающие на снимках ввиду высокой сложности и разнообразности таких отклонений и их свойств.

С учетом все большего накопления цифровых данных в этой области, а также поступательного развития современных графических процессоров становится возможным применение методов машинного и глубинного обучения для построения различного рода предсказательных моделей поведения головного мозга. Более того, данные методы зачастую показывают гораздо более высокую эффективность и точность предсказаний по сравнению с теми решениями, которые принимаются человеком.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования использованы следующие данные (датасеты): HCP [3], ABIDE I + II (spac) [4]. Данные датасеты являются открытыми.

Датасет HCP содержит 1113 наборов данных от людей со структурными МРТ. Данные представлены от 507 мужчин и 606 женщин. Датасет был преобразован в трехмерные изображения размером 58x70x58 точек. Для визуализации данных использовалась библиотека `nilearn`.

Датасет ABIDE I представлен в августе 2012 г. и содержит 1112 наборов данных, в том числе 539 – от людей с проявлениями аутизма и 573 – от здоровых людей, подвергшихся периодическому контролю (в возрасте от 7 до 64 лет, в среднем 14,7 лет в разрезе групп). Кроме того, представлены метки о гендерной принадлежности снимка головного мозга.

В датасет ABIDE II дополнительно добавлено более 1 тыс. сэмплов. Релиз был представлен в июне 2016 г. и включал 1114 наборов данных от 521 чел. с проблемами аутизма и 593 контрольных лиц (возрастной диапазон от 5 до 64 лет). Также есть признаки с гендерной принадлежностью.

Общий датасет ABIDE I + II (spac) представлен 2122 сэмплами, сжатыми до размерности 45x54x45. Для визуализации также использовалась библиотека `nilearn`, метод `new_img_like`.

Можно предположить, что в ABIDE I+II были учтены результаты исследований, основанных на датасете HCP, и часть «ненужной» информации, хранящейся в изображениях, но не оказывавшей существенного влияния на поведение предсказательной модели, была исключена из изображений с целью экономии данных и, как следствие, более быстрого обучения, валидации и тестирования модели.

Первым этапом в части подготовки данных стало написание класса `MriData`, который на входе принимает объекты `X` и `Y` и преобразует их в `torch.tensor`. Кроме того, осуществлены стандартные функции, возвращающие длину входящего тензора `X`, а также сэмплы `X` и `Y` по конкретному индексу.

На втором этапе была написана функция, которая итерационно разделяет датасет на `train`- и `test`-выборки. Первично в `train`-выборке оказываются 100 сэмплов. Впоследствии на каждой итерации к ним прибавляется по 100 сэмплов. Количество итераций – 10. Таким образом, общее количество сэмплов в `train`-выборке достигает 1 тысячи.

Размер батча, загружаемого в `dataloader`: для `train`-выборки – 45, для `test`-выборки – 28.

В качестве лосса использован `nn.NLLLoss`, в качестве оптимизатора – Адам с `lr = 3e-4`, в качестве шедулера – `MultiStepLR` с гиперпараметрами `milestones = [5, 15]`, `gamma = 0.1`, в качестве метрики – `Roc_Auc_Score` или `Accuracy`.

Количество эпох в рамках обучения = 20.

Для подсчета `Roc_Auc_Score` по каждой из итераций, увеличивающих общий размер `train`-выборки, использовались средние значения по 20 эпохам обучения.

Для визуализации полученных результатов использовалась библиотека `matplotlib`.

Результаты исследования и их обсуждение

Обычно используемые структуры сверточных нейронных сетей основаны на двумерных изображениях. При использовании 2D CNN для обработки 3D-изображений МРТ нам необходимо сопоставить исходное изображение с разных направлений, чтобы получить 2D-изображения, которые будут терять информацию о пространственной структуре изображения. В нашей работе мы использовали разработанную трехмерную сверточную нейронную сеть с трехмерными сверточными ядрами, что позволило нам извлечь трехмерные структурные особенности из изображений. Кроме того, традиционная модель CNN обычно использует несколько полносвязных слоев для соединения скрытых слоев и выходного слоя. Полносвязный слой может быть подвержен проблеме чрезмерной подгонки в двоичной классификации, когда количество выборок ограничено. Чтобы решить эту проблему, в предложенной архитектуре использован линейный слой для замены полносвязного. Линейный слой объединяет выходные данные скрытых слоев (т.е. 3D-матрицу, состоящую из нескольких карт признаков) во входные данные (т.е. 1D-вектор) выход-

ного слоя, который является классификатором softmax. Кроме того, архитектурой предусмотрена батч-нормализация после каждой операции свертки. Она используется во избежание проблемы внутреннего ковариантного сдвига при обучении модели. Таким образом, разработанная 3D PCNN состоит из трех скрытых слоев, линейного слоя и слоя softmax. Каждый скрытый слой содержит сверточный слой, слой батч-нормализации, слой активации, пулинговый слой с несколькими картами функций в качестве выходных данных [5]. Архитектура сетки представлена на рис. 1. Кроме того, после каждого сверточного слоя был применен дропаут в размере 0,2 (получен опытным путем). Таким образом, отбрасывая 20% полученных весов, мы практически не теряем в качестве модели, экономя ресурсы и оптимизируя сам процесс обучения. Причем использование дропаута возможно на любой из стадий работы сверточной сети: как, например, после самой

свертки, так и после применения функции активации или пулинга.

Summary полученных моделей для датасетов HCP, а также ABIDE I+II представлено на рис. 2.

В рамках исследования было проведено 12 экспериментов. Параметры экспериментов и полученные результаты представлены ниже.

Параметры эксперимента № 1:

- датасет: HCP;
- train = 80% выборки;
- test = 20% выборки;
- метрика: Roc_Auc_score.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 3.

Параметры эксперимента № 2:

- датасет: HCP;
- train = 80% выборки;
- test = 20% выборки;
- метрика: Accuracy.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 4.

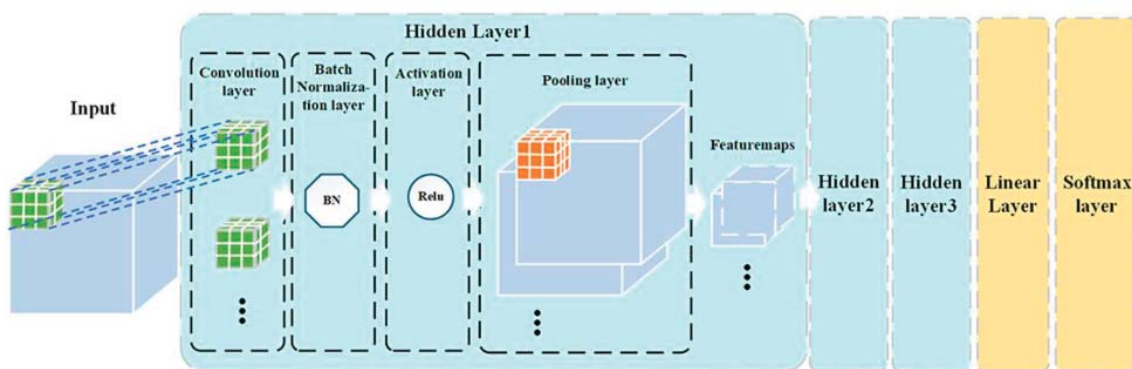


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети, используемой в модели

Layer (type)	Output Shape	Param #
Conv3d-1	[-1, 32, 56, 68, 56]	896
BatchNorm3d-2	[-1, 32, 56, 68, 56]	64
Dropout3d-3	[-1, 32, 56, 68, 56]	0
ReLU-4	[-1, 32, 56, 68, 56]	0
MaxPool3d-5	[-1, 32, 28, 34, 28]	0
Conv3d-6	[-1, 64, 26, 32, 26]	55,360
BatchNorm3d-7	[-1, 64, 26, 32, 26]	128
Dropout3d-8	[-1, 64, 26, 32, 26]	0
ReLU-9	[-1, 64, 26, 32, 26]	0
MaxPool3d-10	[-1, 64, 13, 16, 13]	0
Conv3d-11	[-1, 128, 11, 14, 11]	221,312
BatchNorm3d-12	[-1, 128, 11, 14, 11]	256
Dropout3d-13	[-1, 128, 11, 14, 11]	0
ReLU-14	[-1, 128, 11, 14, 11]	0
MaxPool3d-15	[-1, 128, 5, 7, 5]	0
Flatten-16	[-1, 22400]	0
Linear-17	[-1, 2]	44,802
Total params: 322,818		
Trainable params: 322,818		
Non-trainable params: 0		
Input size (MB): 0.90		
Forward/backward pass size (MB): 265.29		
Params size (MB): 1.23		
Estimated Total Size (MB): 267.42		

Layer (type)	Output Shape	Param #
Conv3d-1	[-1, 32, 43, 52, 43]	896
BatchNorm3d-2	[-1, 32, 43, 52, 43]	64
ReLU-3	[-1, 32, 43, 52, 43]	0
MaxPool3d-4	[-1, 32, 21, 26, 21]	0
Dropout3d-5	[-1, 32, 21, 26, 21]	0
Conv3d-6	[-1, 64, 19, 24, 19]	55,360
BatchNorm3d-7	[-1, 64, 19, 24, 19]	128
ReLU-8	[-1, 64, 19, 24, 19]	0
MaxPool3d-9	[-1, 64, 9, 12, 9]	0
Dropout3d-10	[-1, 64, 9, 12, 9]	0
Conv3d-11	[-1, 128, 7, 10, 7]	221,312
BatchNorm3d-12	[-1, 128, 7, 10, 7]	256
ReLU-13	[-1, 128, 7, 10, 7]	0
MaxPool3d-14	[-1, 128, 3, 5, 3]	0
Dropout3d-15	[-1, 128, 3, 5, 3]	0
Flatten-16	[-1, 5760]	0
Linear-17	[-1, 2]	11,522
Total params: 289,538		
Trainable params: 289,538		
Non-trainable params: 0		
Input size (MB): 0.42		
Forward/backward pass size (MB): 91.23		
Params size (MB): 1.10		
Estimated Total Size (MB): 92.75		

Рис. 2. Summary полученных моделей для датасетов HCP, а также ABIDE I+II

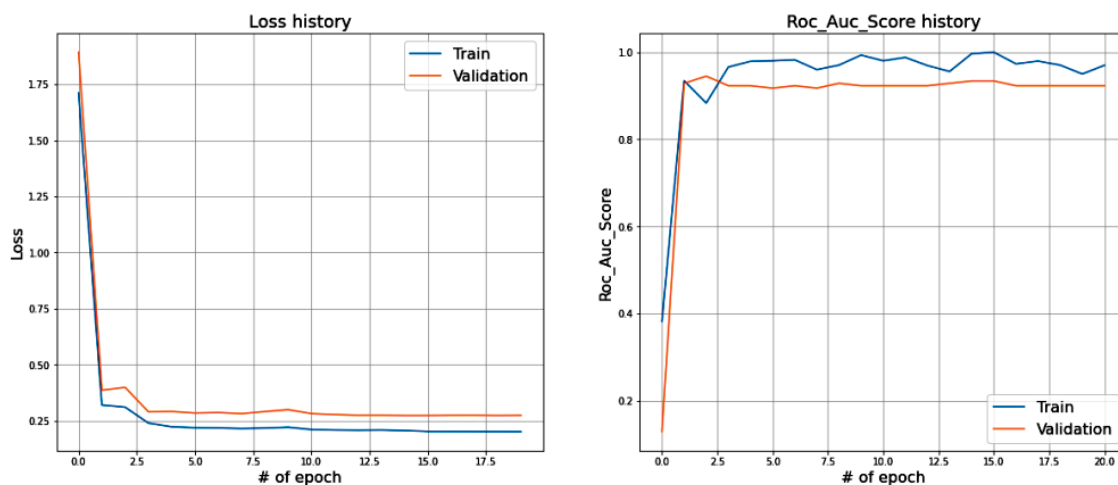


Рис. 3. Значения Loss и ROC_AUC_SCORE при сплите датасета в 80 и 20%

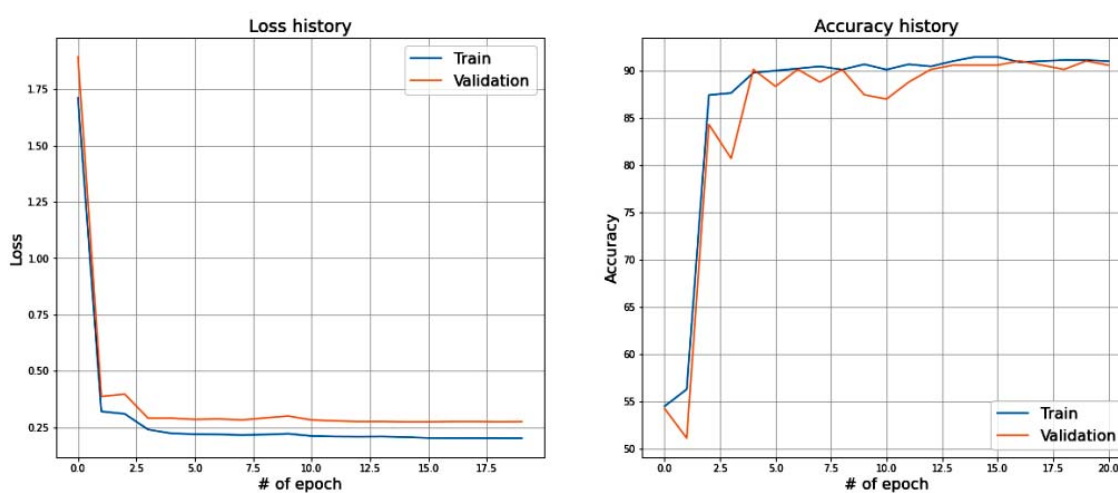


Рис. 4. Значения Loss и Accuracy при сплите датасета в 80 и 20%

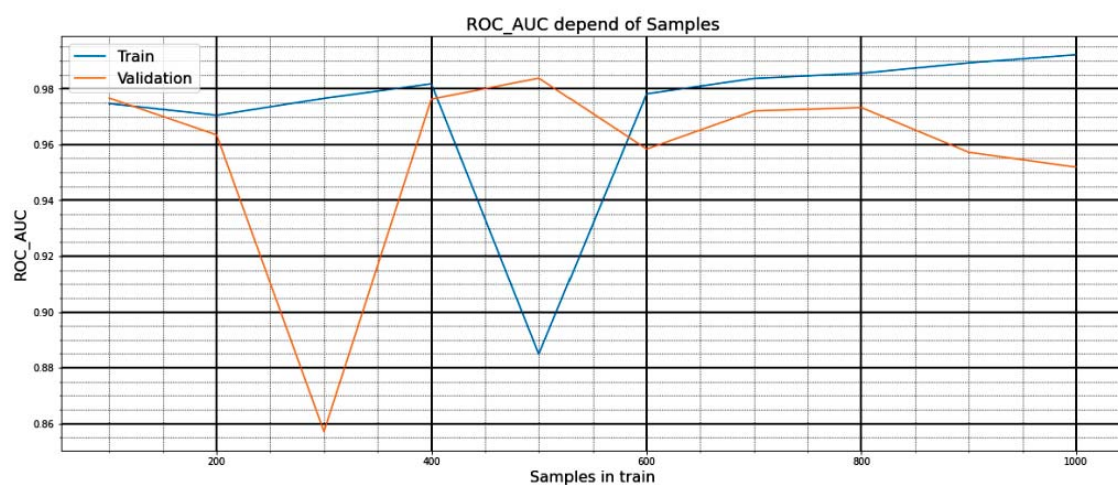


Рис. 5. Значения ROC_AUC_SCORE в зависимости от размера выборки в train

Параметры эксперимента № 3:

- датасет: HCP;
- train: от 100 до 1000 сэмплов с шагом в 100 сэмплов;
- метрика: Roc_Auc_score.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 5.

Параметры эксперимента № 4:

- датасет: HCP;
- train: от 100 до 1000 сэмплов с шагом в 100 сэмплов;
- метрика: Accurasy.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 6.

Параметры эксперимента № 5:

- датасет: ABIDE I + II (несбалансированный);
- количество сэмплов: 2122;
- train = 80 % выборки;
- test = 20 % выборки;
- метрика: Roc_Auc_score.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 7.

Параметры эксперимента № 6:

- датасет: ABIDE I + II (несбалансированный);

- количество сэмплов: 2122;

- train = 80 % выборки;

- test = 20 % выборки;

- метрика: Accurasy.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 8.

Параметры эксперимента № 7:

- датасет: ABIDE I + II (несбалансированный);

- количество сэмплов: 2122;

- train: от 100 до 1000 сэмплов с шагом в 100 сэмплов

- метрика: Roc_Auc_score.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 9.

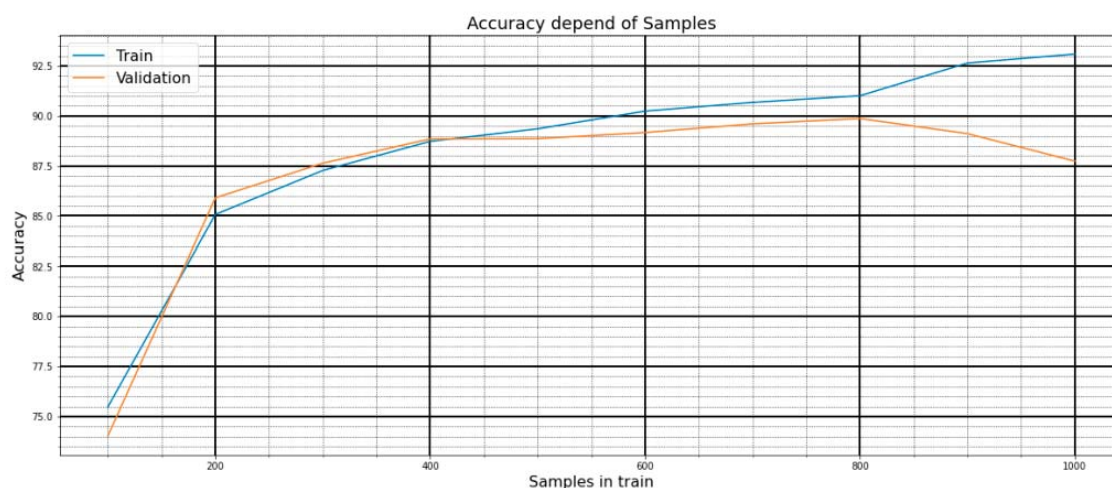


Рис. 6. Значения Accurasy в зависимости от размера выборки в train

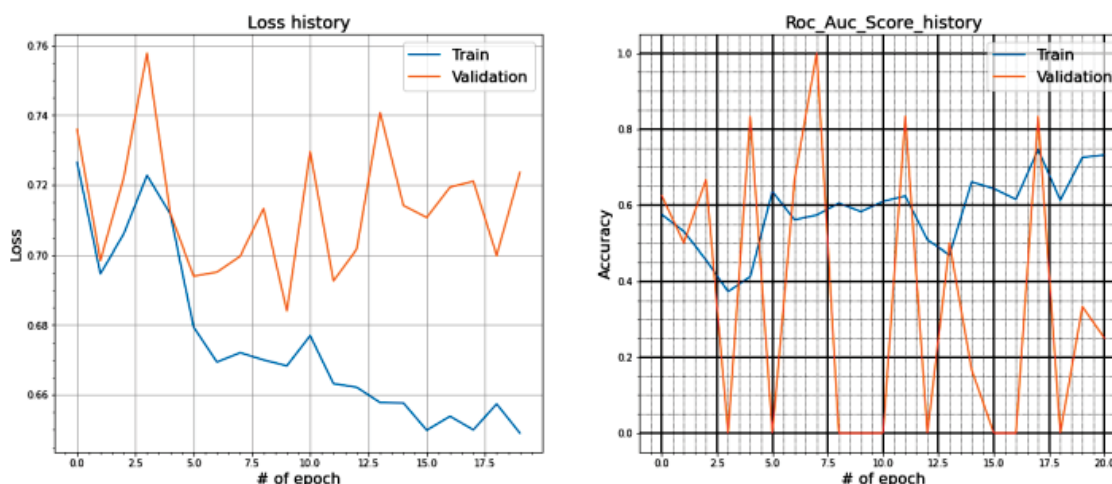


Рис. 7. Значения Loss и ROC_AUC_SCORE при сплите датасета в 80 и 20 %

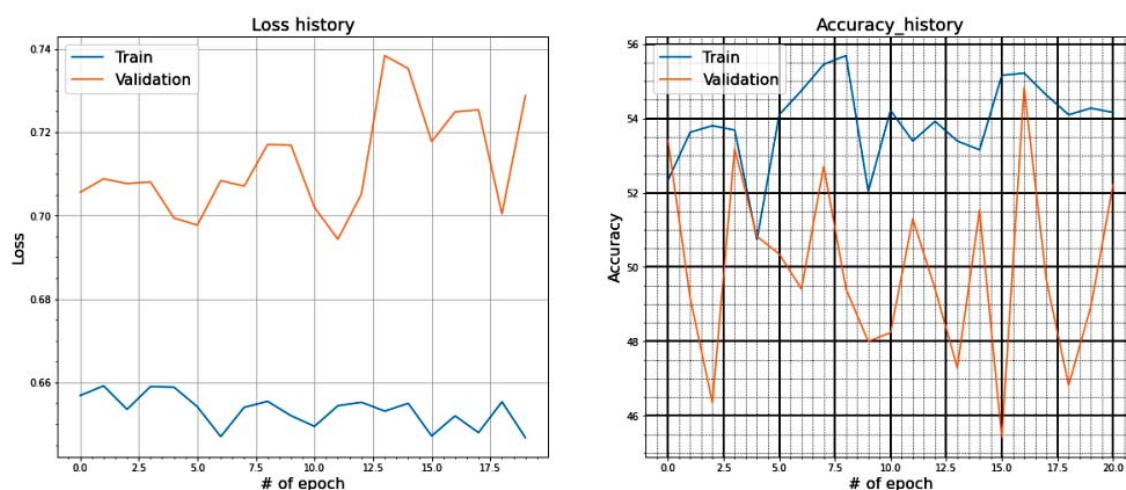


Рис. 8. Значения Loss и Accuracy при сплите датасета в 80 и 20%

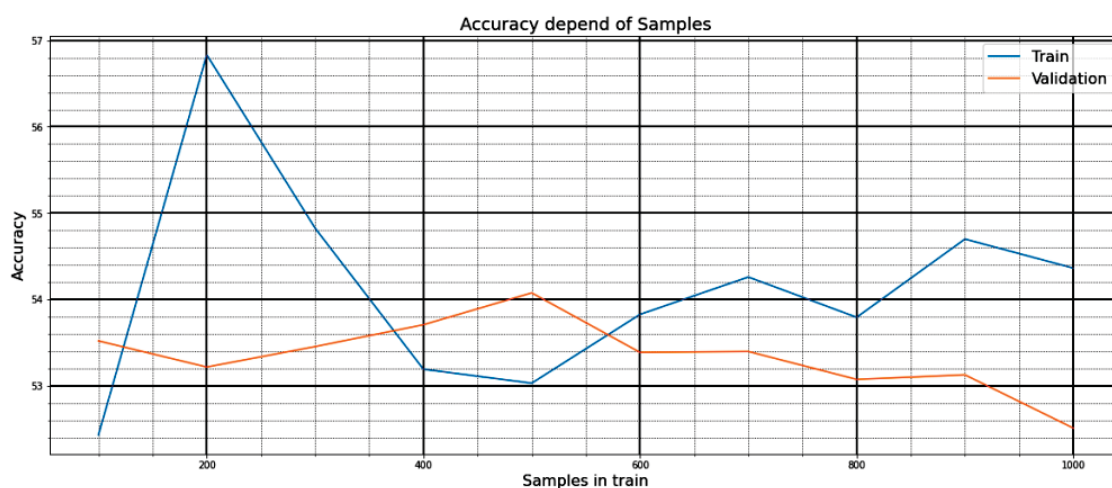


Рис. 9. Значения ROC_AUC_SCORE в зависимости от размера выборки в train

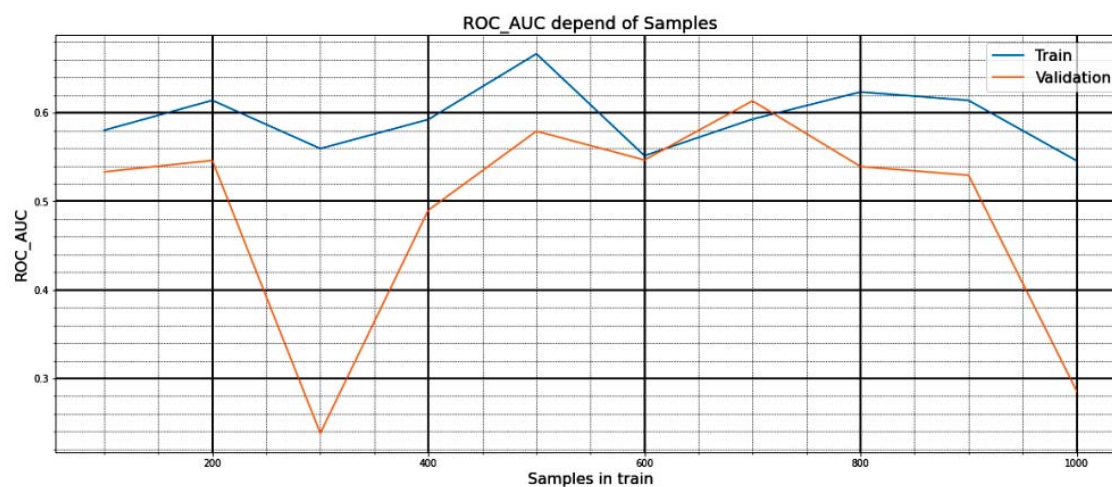


Рис. 10. Значения Accuracy в зависимости от размера выборки в train

Параметры эксперимента № 8:

– датасет: ABIDE I + II (несбалансированный);

– количество сэмплов: 2122;

– train: от 100 до 1000 сэмплов с шагом в 100 сэмплов

– метрика: Accuracy.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 10.

Параметры эксперимента № 9:

– датасет: ABIDE I + II (сбалансированный);

– количество сэмплов 842;

– train = 80 % выборки;

– test = 20 % выборки;

– метрика: Roc_Auc_score.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 11.

Параметры эксперимента № 10:

– датасет: ABIDE I + II (сбалансированный);

– количество сэмплов 842;

– train = 80 % выборки;

– test = 20 % выборки;

– метрика: Accuracy.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 12.

Параметры эксперимента № 11:

– датасет: ABIDE I + II (сбалансированный);

– количество сэмплов 842;

– train: от 100 до 700 сэмплов с шагом в 100 сэмплов;

– метрика: Roc_Auc_score.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 13.

Параметры эксперимента № 12:

– датасет: ABIDE I + II (несбалансированный);

– количество сэмплов 842;

– train: от 100 до 700 сэмплов с шагом в 100 сэмплов;

– метрика: Accuracy.

Полученные результаты на train и test представлены на рис. 14.

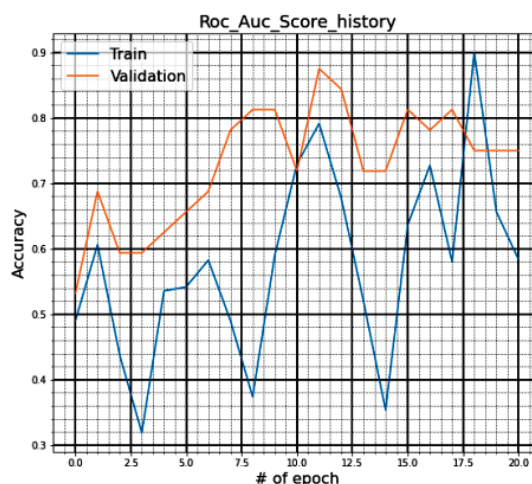
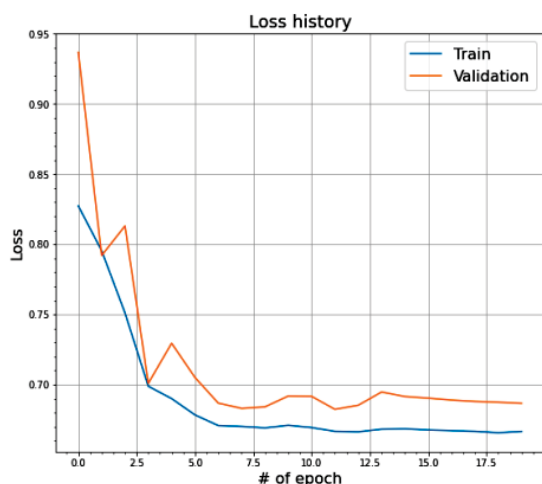


Рис. 11. Значения Loss и ROC_AUC_SCORE при сплите датасета в 80 и 20 %

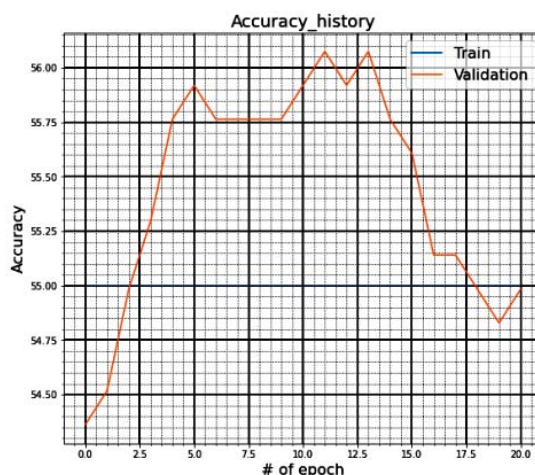
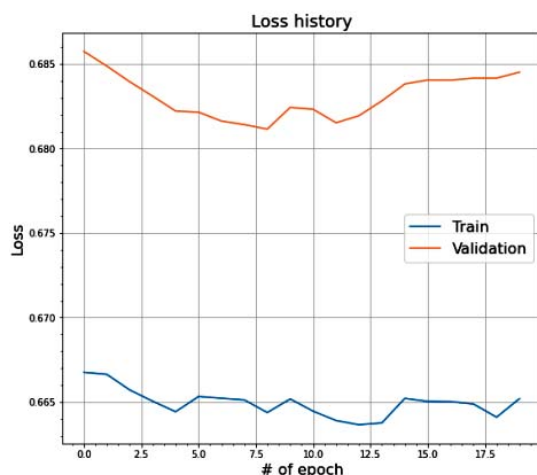


Рис. 12. Значения Loss и Accuracy при сплите датасета в 80 и 20 %

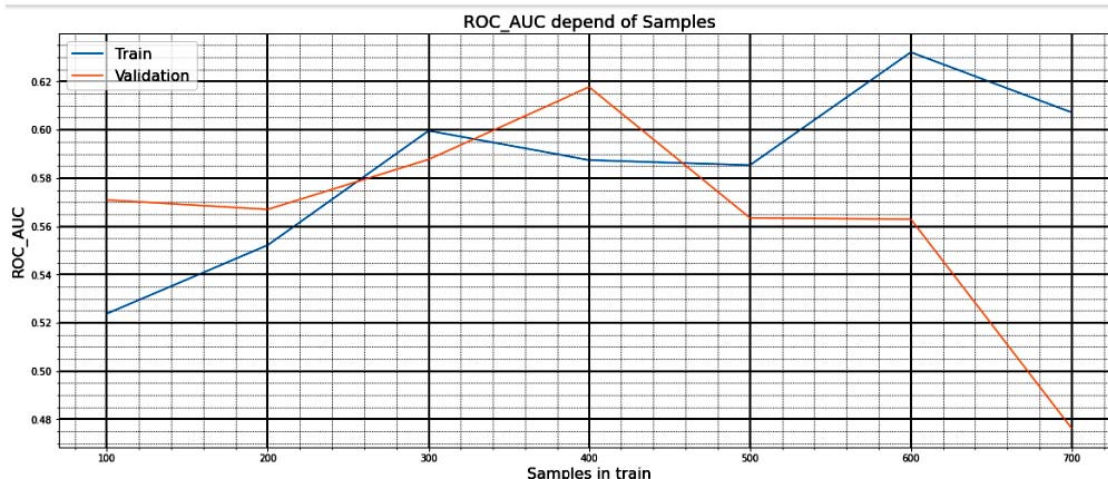


Рис. 13. Значения ROC_AUC_SCORE в зависимости от размера выборки в train

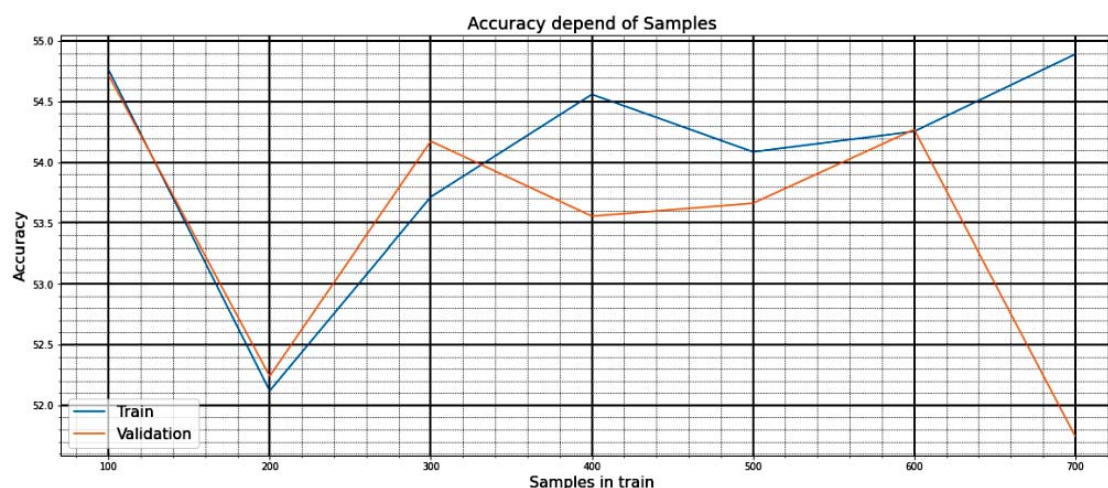


Рис. 14. Значения Accuracy в зависимости от размера выборки в train

Заключение

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. Для датасета HCP:
 - 1.1. Датасет является более сбалансированным с точки зрения наличия признаков.
 - 1.2. Предложенная модель хорошо обучается.
 - 1.3. Лосс ведет себя предсказуемо.
 - 1.4. Метрики качества (Roc_Auc_Score и Accuracy) ~ 90%, что говорит о высокой точности модели.
 - 1.5. Оптимальные значения качества начинаются при выборке в 200–800 сэмплов при метрике качества Accuracy, 400–800 сэмплов – при метрике качества Roc_Auc_Score.
2. Для датасета ABIDE I+II (несбалансированный):
 - 2.1. Предложенная модель плохо отрабатывает и на train- и на test-выборках.
 - 2.2. Лосс непредсказуем.

2.3. Более предсказуемо ведет себя метрика Accuracy.

2.4. Наибольшие значения качества наблюдаются при выборке в 200–900 сэмплов при метрике качества Accuracy, 400–900 сэмплов – при метрике качества Roc_Auc_Score.

3. Для датасета ABIDE I+II (сбалансированный):

3.1. Предложенная модель лучше отрабатывает и на train-, и на test-выборках, чем несбалансированный датасет.

3.2. Лосс более предсказуем, чем на несбалансированном датасете, но значения сохраняются на высоком уровне по сравнению с датасетом HCP.

3.3. Более предсказуемо ведет себя метрика Roc_Auc_Score.

3.4. Наибольшие значения качества наблюдаются при выборке в 200–600 сэмплов при метрике качества Accuracy, 200–500 сэмплов – при метрике качества Roc_Auc_Score.

Подводя итоги, стоит отметить, что проведенные исследования подтверждают возможность получения схожих по качественным метрикам результатов на меньших объемах тренировочных данных, что имеет несомненное практическое значение при обучении моделей машинного и глубинного обучения. Работа с объемом выборки позволяет (по результатам исследований) получить более чем 2-кратную экономию времени при тренировке нейросети, а в некоторых случаях – 5-кратное сокращение по времени, что повышает общую эффективность процесса.

Эксперименты подтвердили вариативные составляющие при изменении предложенной архитектуры нейросети, влияние качества предобработки батчей, а также получение различных результатов при изменении гиперпараметров модели.

Таким образом, можно прийти к выводу о том, что использование методик машин-

ного и глубинного обучения имеет научно-практическое значение в медицинской деятельности и способно быть перспективным направлением для дальнейшего изучения и совершенствования со стороны исследователей.

Список литературы

1. DeAngelis L.M. Brain tumors. *New England Journal of Medicine*. 2001. Vol. 344. No. 2. P. 114–123.
2. Бурхонов Р.А. Применение методов глубокого обучения в выявлении патологий на томограммах головного мозга с использованием графических процессоров // *Естественные и технические науки*. 2019. № 8. С. 83.
3. WU-Minn HCP Data – 1200 Subjects. [Электронный ресурс]. URL: <https://db.humanconnectome.org/app/template/Index.vm?login=true> (дата обращения: 10.09.2022).
4. ABIDE Preprocessed. [Электронный ресурс]. URL: <http://preprocessed-connectomes-project.org/abide/download.html> (дата обращения: 10.09.2021).
5. Xin J., Zhang Y., Tang Y., Yang Y. Brain Differences Between Men and Women: Evidence From Deep Learning. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2019.00185/full> (дата обращения: 20.12.2022).

УДК 62:658.5

СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОСЧЕТЧИКОВ НА ЗАВОДЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Федорович Н.Н., Студеникина О.Д.*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: fedorovichn@mail.ru*

Контроль процесса производства является необходимым и определяющим действием для обеспечения качества готовой продукции и подтверждения ее соответствия требуемым регламентированным нормам. Гарантировать обеспечение, установление и поддержание процесса на должном уровне, при котором выпускается нормированная продукция, а параметры процесса не выходят за допустимые пределы, позволяет статистический контроль стабильности производства. В статье рассмотрена возможность применения для контроля стабильности производства электросчетчиков статистической контрольной карты, представляющей графическую зависимость выбранного показателя, определенного в последовательных выборках, относительно разброса данных внутри процесса. Для управления стабильностью процесса изготовления электросчетчиков на заводе измерительных приборов рекомендовано использовать контрольную карту Шухарта по альтернативному признаку (р-карта). В качестве контролируемого параметра взята доля дефектных печатных плат и выводных элементов в партии при производстве электросчетчиков. В результате экспериментальной работы на предприятии рассмотрен процесс визуальной оценки соответствия требуемым параметрам печатных плат и выводных элементов, а с применением построенной контрольной карты Шухарта по альтернативному признаку проведена оценка состояния производства и сделан вывод, что процесс производства электросчетчиков на заводе измерительных приборов находится в статистически управляемом состоянии.

Ключевые слова: статистические методы, контроль стабильности производства, электросчетчики, контролируемые параметры процесса, контрольные карты Шухарта по альтернативному признаку, р-карта

STATISTICAL CONTROL OF STABILITY OF PRODUCTION OF ELECTRIC METERS AT THE PLANT OF MEASURING INSTRUMENTS

Fedorovich N.N., Studenikina O.D.*Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: fedorovichn@mail.ru*

Control of the production process is a necessary and decisive action to ensure the quality of the finished product and confirm its compliance with the required regulated standards. To guarantee the provision, establishment and maintenance of the process at the proper level, at which normalized products are produced, and the process parameters do not go beyond acceptable limits, allows statistical control of the stability of production. The article considers the possibility of using a statistical control chart to control the stability of the production of electricity meters, representing a graphical dependence of the selected indicator, determined in successive samples, relative to the spread of data within the process. To control the stability of the process of manufacturing electricity meters at the plant of measuring instruments, it is recommended to use the Shewhart control chart by an alternative sign (p-chart). The share of defective printed circuit boards and output elements in a batch in the production of electric meters was taken as a controlled parameter. As a result of experimental work at the enterprise, the process of visual assessment of compliance with the required parameters of printed circuit boards and output elements was considered, and using the built Shewhart control chart on an alternative basis, an assessment of the state of production was carried out, and it was concluded that the production process of electric meters at the plant of measuring instruments is in a statistically controlled condition.

Keywords: statistical methods, production stability control, electricity meters, controlled process parameters, Shewhart's control charts by alternative attribute, p-map

Качество продукции играет определяющую роль для производства. Дополнительная прибыль предприятия, обеспечение дальнейшего развития производственной и социальной структуры зависят от уровня востребованности продукции на рынке, который непосредственно связан с ее качеством. Контроль качества производства должен быть системным фактором и выполняться постоянно на всех этапах производственного процесса для гарантии соответствия производимой продукции определенным нормам [1].

Существенным элементом управления качеством и достижения эффективности производственных процессов и качества продукции на предприятии считаются статистические методы [2, 3].

Востребованность статистических методов у организаций определяется в первую очередь экономическими причинами, поскольку при их использовании снижается уровень брака и денежные издержки. Статистические методы позволяют определять причины, вызывающие несоответствия, что снижает возможность появления

дефектов в готовых изделиях. Применение статистических методов для наблюдения за стабильностью и изменчивостью процессов помогает анализировать имеющиеся данные, принимать обоснованные управленческие решения, причем без использования интуитивных подходов, а только путем рассмотрения фактических результатов, наметившихся тенденций и тем самым постоянно улучшать качество продукции и процессов [4].

Можно выделить следующие достоинства статистических методов контроля стабильности процесса производства:

- позволяют получать информацию о стабильности, помехах и смещениях уровня настройки процесса изготовления изделий;
- требуют оптимальных объемов аналитических образцов;
- показывают реальные данные о положении признака внутри поля допуска контролируемого параметра.

Среди недостатков данных методов следует отметить:

- применение индивидуально для каждого контролируемого параметра;
- вероятность забраковки партии продукции при соответствии результатов измерения выборки в границах поля допуска;
- повышенные требования к уровню подготовки специалистов.

Выбор статистических методов, необходимых для контроля предсказуемости технологического процесса и характеристик продукции, должен осуществлять производитель, который может дополнительно разрабатывать для этого соответствующие процедуры [5].

Целью данной работы является статистический контроль стабильности производства электросчетчиков. Объектом исследования является производство электросчетчиков. Оценку стабильности процесса производства электросчетчиков проводили на заводе измерительных приборов.

Материалы и методы исследования

Обязательный перечень основных параметров и признаков, подлежащих статистическому контролю в процессе производства электросчетчиков, должен определяться технической документацией на изделие и его составляющие.

Завод электроизмерительных приборов осуществляет полный цикл серийного производства широкого спектра электронных приборов и систем учета электрической энергии и вспомогательного оборудования, обеспечивающих точный учет электроэнергии автономно или в составе информационно-измерительных систем.

Корпуса электросчетчиков изготавливают из термопластичных пластиков. В качестве удобного и экономически выгодного способа производства корпусов используется вакуумная формовка, которая применима только к этим видам пластмасс. Цех выводного монтажа является основой электро-технического производства и осуществляет широкий спектр операций по монтажу радиоэлектронных компонентов: от пайки выводных элементов на печатные платы до выполнения монтажа сложносоставных компонентов. Цех сборки электросчетчиков представляет конечное звено в длинной цепи производства электрического счетчика. Каждый собираемый счетчик поочередно проходит этапы слесарной сборки, калибровки, штрихкодирования, технологического прогона, поверки, пломбировки и упаковки сначала в индивидуальную упаковку, а затем и в групповую тару.

Калибровка счетчиков производится путем записи в память счетчика по специальному интерфейсу основных рабочих параметров. Процессы калибровки и поверки максимально автоматизированы, что существенно улучшает качество выполняемых операций, исключает ошибки оператора.

На стадии выводного монтажа предусмотрен входной контроль печатных плат и выводных элементов в соответствии с ГОСТ Р 53432 [6]. Оценка параметров печатных плат и выводных элементов выполняется в ходе визуального осмотра. Оператор для контроля применяет лампу настольную с линзой для увеличения либо микроскопы.

При визуальном контроле в основном могут быть обнаружены дефекты:

- 1) связанные с паяльной маской в виде:
 - образования пустот и включений;
 - относительного изменения рисунка;
 - частичного заполнения переходных отверстий;
 - повреждения целостности структуры;
 - попадания в отверстия для монтажа;
- 2) связанные с контактной площадкой в виде:
 - отслаивания и отламывания металлизации;
 - нарушения размеров;
 - наличия пятен, неровностей;
 - разделения слоев материала;
 - повреждения финишного покрытия;
 - образования сколов, зазубрин и деформаций.

Статистическое управление процессом предусматривает организацию и поддержку процесса на достигнутом устойчивом уровне, обеспечивающем производство качественной продукции в соответствии с установленными требованиями [7, 8].

Одним из статистических инструментов управления процессом является статистическая контрольная карта, представляющая и сопоставляющая графическую зависимость информации о выбранном показателе, определенном в последовательных выборках, с разбросом данных внутри процесса.

Контрольные карты Шухарта отражают текущее состояние процесса, а их применение как инструмента контроля качества процессов и продукции доступно для всех работников, так как не требует длительной подготовки и высокой квалификации. Вместе с тем применение этих карт позволяет постоянно контролировать технологический процесс, выявлять отклонения, не допускать выпуск некачественной продукции, а следовательно, сокращать расходы предприятия [5, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

Контроль производства электросчетчиков на предприятии обеспечивается на всех стадиях технологического процесса, вместе с тем определяющим качество готовой продукции фактором является качество составляющих деталей, которые производятся на этом же заводе и могут своевременно заменять бракованные экземпляры при их обнаружении в процессе контроля. Для контроля стабильности производства электросчетчиков выбран показатель, связанный с качеством печатных плат и выводных элементов. Данные элементы представляют основу электронной составляющей электросчетчика и являются базовым звеном в производственной цепи изготовления приборов. В связи с этим считаем целесообразным проводить статистический контроль процесса производства счетчиков по наличию дефектных плат и выводных элементов.

Существуют контрольные карты Шухарта для альтернативных и количественных данных. Для контроля стабильности производства электросчетчиков целесообразно определять альтернативные данные, которые получают в ходе контрольных проверок каждого контролируемого объекта. Для фиксирования альтернативных данных выявляют, присутствует или нет определенный признак у объекта. В выборке подсчитывают количество признаков на единицу продукции или количество объектов с этим признаком. Таким образом, альтернативные данные получают без особых затрат, поскольку для их сбора не требуется специальных умений, часто для их регистрации достаточно провести визуальный осмотр.

В процессе визуальной оценки соответствия требуемым параметрам печатных плат и выводных элементов электросчетчиков определяют дефектные изделия, которые составляют альтернативные данные.

Для определения стабильности процесса предлагаем использовать контрольную карту по альтернативному признаку доли дефектных изделий в партии. Партии печатных и выводных элементов на заводе измерительных приборов имеют разные объемы, а р-карта позволяет оценивать процесс независимо от объема партий продукции.

Статистическая карта, применяемая для контроля, – это график, который включает линию центра, границы контроля (верхнюю (UCL) и нижнюю (LCL)), линию изменения контролируемой характеристики в зависимости от номера выборки. Линия центра устанавливается по опорному значению характеристики качества объекта, как выбранная или вычисленная. Границы контроля рассчитываются статистически и располагаются по обе стороны от линии центра [10].

Построение контрольной карты по альтернативному признаку (р-карта) для контроля стабильности производства электросчетчиков проводили с использованием исходных показателей по дефектным печатным платам и выводным элементам, собранным на заводе измерительных приборов. Эти показатели были зафиксированы в процессе визуальной оценки соответствия требуемым параметрам элементов контроля. Для каждой партии плат определяли количество изделий, поступивших на проверку, и число дефектных плат и выводных элементов, не соответствовавших требуемым показателям; данные представлены в таблице.

Р-карта, построенная по результатам визуального контроля и приведенная на рисунке, демонстрирует, что процесс производства электросчетчиков по показателю доли дефектных плат и выводных элементов в рассматриваемых условиях является управляемым, подтвержденным статистически.

Рассчитанные контрольные границы могут быть рекомендованы для последующего контроля до тех пор, пока процесс не выйдет из состояния статистической управляемости. Поскольку текущий процесс находится в состоянии управляемости, то его улучшение осуществимо только путем изменения.

В случае наблюдения нестандартного расположения точек на контрольной карте необходимо выявлять причину и вводить корректирующие действия.

Исходные показатели для контроля
стабильности процесса
по альтернативному признаку

№ выборки	Число дефектных изделий	Объем выборки	Доля дефектов
1	2	300	0,006
2	1	150	0,006
3	2	200	0,010
4	3	200	0,015
5	1	100	0,010
6	3	300	0,010
7	4	150	0,011
8	1	200	0,005
9	2	100	0,020
10	3	250	0,012
11	1	200	0,005
12	1	150	0,006
13	2	300	0,006
14	2	100	0,020
15	1	250	0,004
16	3	300	0,010
17	1	100	0,010
18	1	200	0,005
19	2	250	0,008
20	1	100	0,010
21	4	350	0,011
22	2	100	0,010
23	1	150	0,006
24	3	250	0,012
25	2	200	0,010

Выявление причин осуществляют следующим образом:

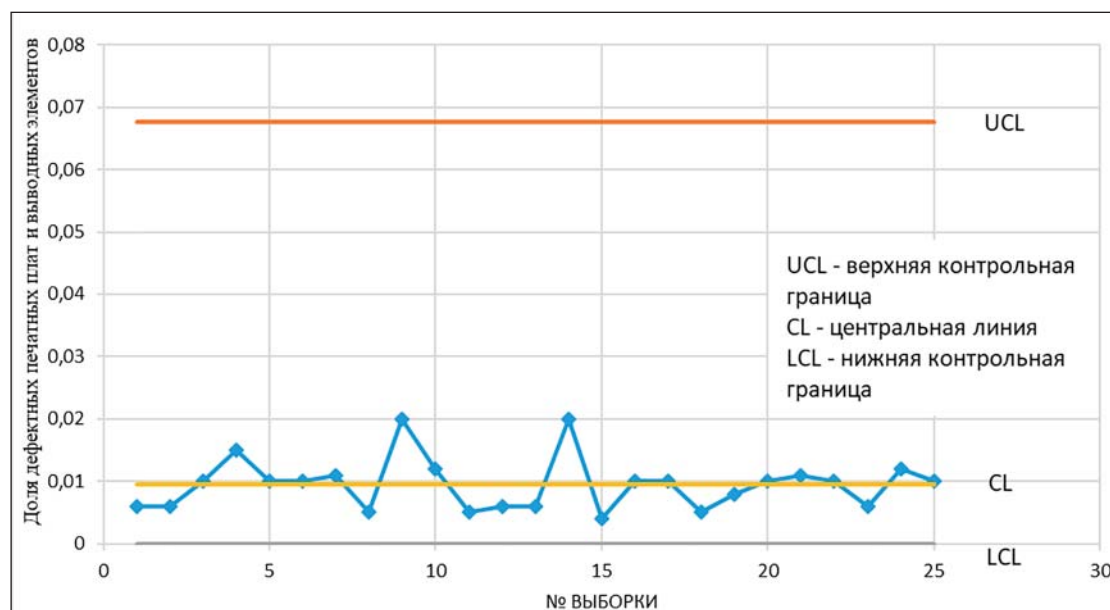
- проверяют квалификацию и компетентность контролера-оператора;
- выполняют внеочередную калибровку, проверку сроков поверки средств измерений;
- проводят технический осмотр и диагностику режимов функционирования оборудования.

При выполнении корректирующих действий:

- организуют повышение квалификации персонала, улучшают условия труда;
- осуществляют градуировку, регулировку, ремонт или замену средств измерений;
- настраивают, налаживают, направляют на ремонт, модернизируют или заменяют оборудование.

В качестве мероприятий по поддержке стабильности процесса производства электросчетчиков следует рекомендовать проведение ежедневного обслуживания и контроля работоспособности производственного оборудования; допуск к работе персонала, прошедшего специальную подготовку и сдавшего экзамен на квалификационную группу; анализ при закупке средств измерений их технических данных, сведений по поверке.

Анализ контрольных карт технологического процесса способствует выявлению неслучайных причин, влияющих на процесс. Если статистически установлено, что процесс находится в управляемом состоянии, качество продукции ожидаемо, так как процесс обеспечивает выпуск продукции, удовлетворяющей требованиям, установленным в нормативных документах.



P-карта оценки стабильности производства электросчетчиков

Заключение

В данной работе показана возможность применения и практического использования контрольных карт Шухарта по альтернативному признаку (р-карты) для контроля стабильности производства электросчетчика.

В результате проведенной работы было установлено, что процесс производства электросчетчиков на заводе измерительных приборов является стабильным и статистически управляемым.

Характер расположения серии точек на р-карте позволяет установить и прогнозировать наличие изменений в процессах, связанных с оборудованием, измерительной системой, рабочими. При обнаруженных изменениях рекомендуется провести осмотр исходных объектов и контролирующей системы, проверить компетентность оператора и, при выявленных несоответствиях, вводить необходимые корректирующие действия.

Список литературы

1. Кане М.М., Иванов Б.В., Корешков В.Н., Схиртладзе А.Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества. СПб.: Питер, 2014. 575 с.
2. Федорович Н.Н., Федорович А.Н. Применение методов управления качеством при повышении эффективности работы измерительного оборудования по учету газа // Современные наукоемкие технологии. 2011. № 3. С. 43–46.
3. Федорович Н.Н., Федорович А.Н. Применение карт кумулятивных сумм для контроля качества природного газа // Современные наукоемкие технологии. 2012. № 6. С. 82.
4. Ильенкова С.Д. Управление качеством. М.: Юнити, 2018. 64 с.
5. Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Ляшук Я.В. Совершенствование системы контроля процесса переработки нефти // Фундаментальные исследования. 2018. № 7. С. 20–33.
6. ГОСТ Р 53432-2009 Платы печатные. Общие технические требования к производству. М.: Стандартинформ, 2010.
7. Строителев В.Н. Статистические методы – основной инструмент специалиста в области качества // Качество, инновации, образование. 2012. № 1. С. 11–17.
8. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Темасова Г.Н. Статистические методы в управлении качеством: учебник. 2-е изд., испр. СПб.: Лань, 2019. 144 с.
9. Мойзес Б.Б., Плотникова И.В., Редько Л.А. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2016. 119 с.
10. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 Статистические методы. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. М.: Стандартинформ, 2019. 46 с.

УДК 004.032.26:551.509

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ОПАСНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Шарапов Р.В.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
Муромский филиал, Муром, e-mail: sharapov76@gmail.com

В последние десятилетия по всему миру наблюдается резкое увеличение числа погодных явлений, оказывающих неблагоприятное воздействие на население, объекты сельского хозяйства, средства коммуникации, объекты ЖКХ и т.д. Работа посвящена вопросам прогнозирования опасных погодных явлений. Компьютерное прогнозирование погоды получило в настоящее время широкое распространение. Оно основывается на анализе и обработке данных погодных наблюдений предшествующих периодов, выявления закономерностей их изменения и получения (прогнозирования) значений климатических параметров для последующих периодов. В работе рассматриваются вопросы применения многослойных нейронных сетей для прогнозирования опасных погодных явлений. В работе сделана попытка предсказания опасных погодных условий на основе не глобальных климатических моделей, требующих больших вычислительных мощностей и обработки огромных объемов данных для больших территорий, а рассмотрения текущих метеорологических условий на конкретной территории и анализа данных наблюдений за прошлые периоды (от нескольких часов до нескольких дней). На основании данных наблюдений за погодой в Нижнем Новгороде разработаны нейронные сети, позволяющие предсказывать наступление заморозков, гололедицу и грозовую активность с точностью более 90%. Проведен подбор наименьшего числа параметров, используемых для предсказания каждого явления.

Ключевые слова: прогноз, погода, погодные условия, нейронная сеть, многослойная нейронная сеть, прогноз погоды

USING NEURAL NETWORKS TO PREDICT DANGEROUS WEATHER CONDITIONS

Sharapov R.V.

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Murom branch, Murom,
e-mail: sharapov76@gmail.com

In recent decades, there has been a sharp increase in the number of weather events around the world that have an adverse effect on the population, agricultural facilities, communications, housing and communal services, etc. The work is devoted to the issues of forecasting dangerous weather phenomena. Computer weather forecasting is now widely used. It is based on the analysis and processing of weather observation data from previous periods, the identification of patterns of their change and the receipt (forecasting) of the values of climatic parameters for subsequent periods. The paper deals with the application of multilayer neural networks for forecasting dangerous weather phenomena. The paper attempts to predict dangerous weather conditions based not on global climate models that require large computing power and processing huge amounts of data for large areas, but on the consideration of current meteorological conditions in a particular area and analysis of observational data for past periods (from several hours to several days). Based on weather observations in Nizhny Novgorod, neural networks have been developed that allow predicting the onset of frosts, black ice and thunderstorm activity with an accuracy of more than 90%. The smallest number of parameters used to predict each phenomenon is selected.

Keywords: forecast, weather, weather conditions, neural network, multilayer neural network, weather forecast

В последние десятилетия по всему миру наблюдается резкое увеличение числа погодных явлений, оказывающих неблагоприятное воздействие на население, объекты сельского хозяйства, средства коммуникации, объекты ЖКХ и т.д. Лесные пожары, наводнения, ураганы, землетрясения, цунами наносят колоссальный ущерб экономике и уносят человеческие жизни. Часто опасные погодные явления вызваны глобальными природными процессами (изменением климата), ухудшением экологической обстановки, деятельностью человека и т.д. Снизить ущерб от опасных погодных явлений возможно при своевременном оповещении населения, коммунальных служб, работников сельскохозяйственных пред-

приятий, служб МЧС и т.д. Это становится возможным при выполнении прогнозирования подобных явлений.

Прогнозирование погодных явлений чаще всего сводится к предсказанию температуры воздуха, скорости ветра, возможности осадков и т.д. Из опасных явлений выделяются грозы, сильные порывы ветра, резкие снижения температуры, гололедица и т.д.

В настоящее время прогнозы строятся на основе глобального моделирования атмосферы (Weather Research and Forecasting). Такие прогнозы дают неплохие результаты в местах с хорошо организованными наблюдениями за погодой (Европа, США). Такие прогнозы строятся для больших территорий, используют десятки гигабайт

исходных данных и выполняются на мощных вычислительных кластерах. Возникает задача прогнозирования тех или иных опасных погодных явлений, способных развиваться на конкретных территориях, с использованием небольшого количества исходных данных и незначительных вычислительных ресурсов.

В последние годы в мире активно ведутся работы по использованию методов машинного обучения для составления погодных прогнозов [1]. Большую популярность приобретает использование нейронных сетей. Прогнозирование погоды на основе нейронных сетей претерпело значительные изменения за последние три десятилетия. До 2000 г. статистика выходных данных моделей (MOS) широко использовалась для улучшения способности численных моделей выполнять прогнозы путем сопоставления выходных данных моделей и данными наблюдений. В работе [2] предложена система прогнозирования минимальной температуры на основе искусственной нейронной сети с использованием алгоритмов обратного распространения ошибки. Эта концепция значительно снизила вычислительные требования MOS и повысила эффективность прогнозов. В работе [3] предложена модель прогнозирования снегопадов и дождевых осадков на основе изображений метеорологического радиолокатора с искусственной нейронной сетью. Результаты показывают, что искусственная нейронная сеть более эффективна, чем традиционный метод взаимной корреляции, а метод постоянного прогнозирования дает существенное снижение ошибки прогнозирования. В [4] проведен сравнительный анализ различных моделей нейронных сетей для прогнозирования суточной максимальной и минимальной температуры и скорости ветра. Результаты показали, что сеть радиальных базисных функций (RBFN) дает наиболее точный прогноз по сравнению с рекуррентной нейронной сетью Элмана (ELNN) и сетями многослойных персептронов (MLP). В [5] введен примерный набор нечеткой нейронной сети для прогнозирования погодных параметров: точки росы, скорость ветра, температуры и видимости. Модель включала ряд нечетких правил, и их начальные веса были оценены с помощью более глубокой сети для прогнозирования погоды.

В [6] для прогнозирования температуры была реализована нейронная сеть с обратным распространением (BPN). Эта сеть успешно выявила нелинейную структурную взаимосвязь между различными входными погодными параметрами. В [7] предложена гибридная модель для прогнозирова-

ния температуры, основанная на ансамбле нейронных сетей (ENN). В [8] для краткосрочного прогнозирования скорости ветра были применены восемь различных древовидных структур регрессии. Автор также сравнил лучший подход дерева регрессии с другими подходами искусственного интеллекта (поддерживающая векторная регрессия, MLP, машины с экстремальным обучением, полилинейная регрессия). Лучшее дерево регрессии дает наилучшие результаты для предсказания скорости ветра. В [9] применяется глубокое обучение со слоями LSTM для прогнозирования текущей погоды. Результаты экспериментов показывают, что сеть LSTM способна фиксировать пространственно-временные корреляции и может использоваться для прогнозирования текущей погоды. В [10] разработана модель для прогнозирования умеренного климата в Неваде с использованием глубокой нейронной сети со сложными шумоподавляющими автокодировщиками с более высокой точностью (97,97 %) по сравнению с традиционными нейронными сетями (94,92 %). В [11] был использован подход LSTM с многоуровневым глубоким обучением для прогнозирования погодных параметров, температуры, влажности и скорости ветра.

В [12] разработана модель краткосрочного локального прогнозирования дождя и температуры с использованием глубокой нейронной сети. Автор пришел к выводу, что глубокие нейронные сети обеспечивают самую высокую точность предсказания дождя среди нескольких методов машинного обучения.

Таким образом, прогнозирование погодных явлений на основе компьютерного моделирования и нейронных сетей является актуальной и перспективной задачей. Существующие модели для достижения высокой точности прогнозов используют в качестве исходных данных достаточно большие наборы параметров (достигающие нескольких тысяч). Кроме того, подходы преимущественно направлены на предсказание основных климатических параметров, а не на предсказание наступления тех или иных событий (в нашем случае таких опасных погодных явлений, как гололедица, грозы, сильные порывы ветра, резкие снижения температуры и т.д.). Интерес представляет также сведение к минимуму числа параметров, используемых для предсказания.

Работа посвящена вопросам прогнозирования опасных погодных явлений для конкретных территорий. Компьютерное прогнозирование погоды получило в насто-

ящее время широкое распространение. Оно основывается на анализе и обработке данных погодных наблюдений предшествующих периодов, выявлении закономерностей их изменения и получении (прогнозировании) значений климатических параметров для последующих периодов. Для прогнозирования погоды активно используются методы линейной регрессии и нейронные сети, хорошо зарекомендовавшие себя в широком круге задач и позволяющие добиться высоких результатов точности прогнозирования.

Цель работы – рассмотреть вопросы применения многослойных нейронных сетей для прогнозирования опасных погодных явлений и осуществить выбор наименьшего числа параметров, используемых для прогнозирования.

Материалы и методы исследования

Многослойная нейронная сеть представляет собой нейронную сеть, состоящую из входного, выходного и расположенных между ними скрытых слоев нейронов. Каждый нейрон предыдущего слоя связан со всеми нейронами последующего слоя. Связи между нейронами внутри слоев отсутствуют. Нейроны первого слоя (входной слой) принимают исходные данные и распределяют их по нейронам последующего слоя. Обработка данных на первом слое не выполняется. Последний слой нейронной сети называется выходным слоем. На выходах нейронов этого слоя формируются предсказанные значения. Между входным и выходным слоями находятся скрытые слои (один или несколько). Входы и выходы таких слоев неизвестны извне нейронной сети. Многослойные нейронные сети позволяют моделировать функции практически любой степени сложности. Число слоев и число нейронов определяют сложность функции.

В настоящее время во всем мире идет накопление данных о погодных условиях. Активно используется сбор данных с метеостанций, радиозондов и т.д. в реальном времени. Известность получили такие архивы погодных наблюдений, как Weather Underground (<https://www.wunderground.com/>), Расписание погоды (<https://rp5.ru/>), National Climatic Data Center (<http://www.ncdc.noaa.gov/>) и т.д. В таких архивах для каждого дня наблюдений хранятся данные о различных метеорологических параметрах: температуре в определенные часы, наибольшей и наименьшей температуре, температуре точки росы, наибольшей и наименьшей влажности, давлении, скорости и направлении ветра, грозовой активности и т.д. Наличие таких ретроспективных

данных открывает возможность проведения их анализа и выявления предпосылок для возникновения тех или иных опасных погодных явлений.

Любые события, в том числе опасные погодные явления, вызваны какими-то предыдущими событиями-предпосылками. Например, предвестниками гроз являются бурное и быстрое развитие темных кучевых дождевых облаков, резкое снижение температуры воздуха, безветрие и затишье в природе, появление на небе пелены и т.д. Проведение корреляционного анализа изменений тех или иных метеорологических параметров и их сочетаний непосредственно перед наступлением опасных погодных явлений дает возможность выявить устойчивые предпосылки. Таким образом, можно попробовать предсказывать опасные погодные условия, базируясь не на глобальных климатических моделях, требующих больших вычислительных мощностей и обработки огромных объемов данных, а на рассмотрении текущих метеорологических условий и анализе данных за прошлые периоды.

В качестве источника данных наблюдений использовались данные с метеостанции № 27553 аэропорта им. В.П. Чкалова (Стригино, Нижний Новгород) [13]. Данные собираются метеостанцией в автоматическом режиме каждые 3 часа и доступны в режиме онлайн. Метеостанция на момент проведения исследований предоставляла следующие метеопараметры: температура воздуха на высоте 2 м над поверхностью земли, минимальная температура воздуха за прошедший период (не более 12 ч), максимальная температура воздуха за прошедший период (не более 12 ч), температура воды поверхности в срок наблюдения, атмосферное давление, приведенное к среднему уровню моря, атмосферное давление на уровне станции, барическая тенденция: изменение атмосферного давления за последние 3 часа, общее количество облаков всех ярусов (проценты), количество выпавших осадков, скорость ветра на высоте 10–12 м над земной поверхностью, осредненная за 10-минутный период, непосредственно предшествовавший сроку наблюдения, максимальное значение порыва ветра на высоте 10–12 м над земной поверхностью за период между сроками, максимальное значение порыва ветра на высоте 10–12 м над земной поверхностью за 10-минутный период, непосредственно предшествующий сроку наблюдения, горизонтальная дальность видимости, высота снежного покрова, высота основания самых низких облаков, точка

росы, относительная влажность воздуха. На основании данных наблюдений за погодой в Нижнем Новгороде был подготовлен тестовый набор данных. В него вошли вышеописанные данные о климатических параметрах в рассматриваемый день и данные о климатических параметрах за последние 3 дня (с шагом 3 ч). Общее число параметров составило 408. Таким образом, область рассматриваемых данных ограничивалась данными наблюдений в одной точке (одной метеостанции) в течение трех дней, не затрагивая данные более ранних наблюдений и сведения с близлежащих территорий.

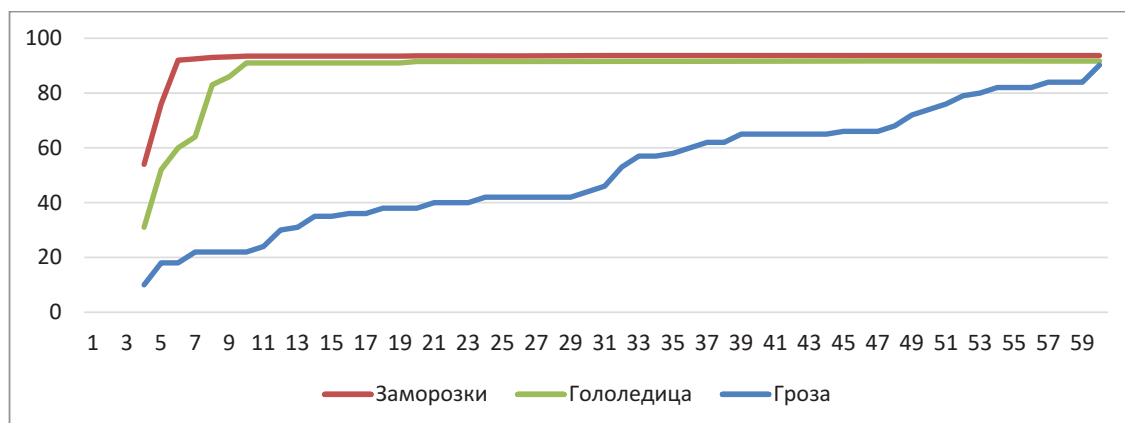
Результаты исследования и их обсуждение

Для предсказания опасных погодных явлений можно использовать как одну нейронную сеть с множеством выходов (каждый выход представляет отдельное погодное явление), так и набор нейронных сетей с одним выходом (каждая нейронная сеть отвечает за отдельное погодное явление). Эксперименты показали, что каждое погодное явление коррелировано только с небольшим набором метеорологических параметров. Использование единой нейронной сети неизбежно вызывает увеличение числа входов в нейронной сети, а как следствие – усложнение сети и повышение вычислительной нагрузки. Напротив, использование для каждого явления отдельной сети позволяет использовать определенный набор небольшого количества входных параметров. Это упрощает структуру каждой конкретной нейронной сети, снижает вычислительные затраты. Кроме того, использование отдельных нейронных сетей позволяет целенаправленно применять их в конкретных условиях (например, в сельском хозяйстве для предсказания замороз-

ков, в МЧС – гроз, ураганов, наводнений и т.д.). По этой причине был выбран второй вариант – с использованием набора отдельных нейронных сетей. Таким образом, были реализованы нейронные сети для предсказания гроз, заморозков, гололедицы. Такие сети хорошо справляются с предсказаниями на основе анализа данных от нескольких часов до нескольких дней.

При подборе структуры нейронных сетей была поставлена задача использования минимального числа анализируемых параметров с обеспечением приемлемой точности предсказаний (для большинства задач – более 90%). Нейронные сети были реализованы с использованием пакета Keras TensorFlow, реализованного для Python. В качестве оптимизационного алгоритма использовался Adam (adaptive moment estimation). Он сочетает в себе и идею накопления движения, и идею более слабого обновления весов для типичных признаков. В качестве функции активации на каждом слое использовалась ReLU (rectified linear unit). Для каждой нейронной сети был осуществлен выбор параметров, числа скрытых слоев и количества нейронов на каждом слое. Выбор параметров проводился на основе корреляционного анализа [14]. В ходе экспериментов удалось сократить число параметров для предсказания заморозков до 6, гололедицы – до 10, гроз – до 60. При этом точность предсказаний составила более 90% (рисунок).

Для предсказания заморозков были выбраны параметры: температура в 12 ч, температура в 21 ч, точка росы в 12 ч, точка росы в 21 ч, облачность и относительная влажность. Для предсказания гололедицы были выбраны параметры: точка росы в 12 ч, точка росы в 21 ч, температура за последние 8 периодов наблюдений.



Зависимость точности предсказаний от количества признаков

Для предсказания гроз были выбраны параметры за последние 6 периодов наблюдений (с шагом 3 ч): температура воздуха, атмосферное давление, барическая тенденция, общее количество облаков, скорость ветра на высоте 10–12 м над земной поверхностью, максимальное значение порыва ветра на высоте 10–12 м над земной поверхностью за период между сроками, максимальное значение порыва ветра на высоте 10–12 м над земной поверхностью за 10-минутный период, высота основания самых низких облаков, точка росы, относительная влажность воздуха. Рассмотрим для примера нейронную сеть для предсказания гроз. Была предложена следующая структура многослойной нейронной сети: входной слой, состоящий из 60 нейронов, первый скрытый слой, состоящий из 30 нейронов, второй скрытый слой, состоящий из 15 нейронов, выходной слой, состоящий из одного нейрона. Нейронная сеть для предсказания гроз включает: входной слой, состоящий из 10 нейронов, скрытый слой, состоящий из 10 нейронов, второй скрытый слой, состоящий из 5 нейронов, выходной слой, состоящий из одного нейрона. Кроме того, была реализована нейронная сеть для предсказания вероятности лесных пожаров. Эта сеть отличается необходимостью анализа данных за длительные периоды времени (месяц и более) и нечеткими условиями наступления события. Если грозы и заморозки сами по себе являются событиями, то лесные пожары можно оценить только с определенной вероятностью, которая чаще всего не реализуется в виде фактических пожаров. Точность прогнозов при этом составила около 60 %.

Заключение

Использование многослойной нейронной сети для прогнозирования опасных погодных явлений дает вполне приемлемые результаты. Средняя точность прогнозов составляет более 90 %. Построенные нейронные сети используют небольшой набор входных данных и требуют незначительных вычислительных ресурсов. Это позволяет использовать их на переносных устройствах для автономного предупреждения и реагирования на возможное появление опасных погодных явлений. Так, модули управления теплицами могут реагировать на возможности заморозков закрытием створок или включением подогрева, автомобили – на вероятность гололедицы и т.д.

Полученные результаты могут быть использованы и для других населенных пунктов, так как построенные нейронные сети учитывают динамику климатических параметров, носящую обобщенный характер для регионов Центральной России. Выборочные проверки предсказания опасных погодных условий для г. Владимира и г. Муром продемонстрировали точность прогнозов, сравнимую с тестовыми данными.

Список литературы

1. Dueben P.D., Bauer P. Challenges and design choices for global weather and climate models based on machine learning. *Geoscientific Model Development*, 2018. Vol. 11. P. 3999–4009.
2. Schizas C.N., Michaelides S., Pattichis C.S., Livesay R.R. Artificial neural networks in forecasting minimum temperature (weather). 1991 second international conference on artificial neural networks. 1991. P. 112–114.
3. Ochiai K., Suzuki H., Shinozawa K., Fujii M., Sonehara N. Snowfall and rainfall forecasting from weather radar images with artificial neural networks. *Proceedings of ICNN'95—international conference on neural networks*. 1995. Vol. 2. P. 1182–1187.
4. Maqsood I., Khan M.R., Abraham A. Intelligent weather monitoring systems using connectionist models. *Neural, Parallel & Scientific Computations*. 2002. Vol. 10. P. 157–178.
5. Li K., Liu Y.S. A rough set based fuzzy neural network algorithm for weather prediction. 2005 international conference on machine learning and cybernetics. 2005. Vol. 3. P. 1888–1892.
6. Abhishek K., Singh M.P., Ghosh S., Anand A. Weather forecasting model using artificial neural network. *Procedia Technology*. 2012. Vol. 4. P. 311–318.
7. Ahmadi A., Zargarani Z., Mohebi A., Taghavi F. Hybrid model for weather forecasting using ensemble of neural networks and mutual information. 2014 IEEE geoscience and remote sensing symposium, July 2014. P. 3774–3777.
8. Troncoso A., Salcedo-Sanz S., Casanova-Mateo C., Riquelme J.C., Prieto L. Local models-based regression trees for very short-term wind speed prediction. *Renew Energy*. 2015. Vol. 81. P. 589–598.
9. Shi X., Chen Z., Wang H., Yeung D.-Y., Wong W., Woo W. Convolutional LSTM network: a machine learning approach for precipitation nowcasting. *Advances in neural information processing systems*, Curran Associates. 2015. Vol. 28. P. 802–810.
10. Hossain M., Rekabdar B., Louis S.J., Dascalu S. Forecasting the weather of Nevada: a deep learning approach. 2015 international joint conference on neural networks. 2015. P. 1–6.
11. Akram M., El C. Sequence to sequence weather forecasting with long short-term memory recurrent neural networks. *Int. Journal of Computers and Applications*. 2016. Vol. 143. No. 11. P. 7–11.
12. Yonekura K., Hattori H., Suzuki T. Short-term local weather forecast using dense weather station by deep neural network. 2018 IEEE international conference on big data. P. 1683–1690.
13. Sharapov R. Using Linear Regression for Weather Prediction. 2022 Wave Electronics and its Application in Information and Telecommunication Systems (WECONF). 2022. P. 1–4. DOI: 10.1109/WECONF55058.2022.9803493.
14. Шарапов Р.В. Использование линейной регрессии для прогнозирования погоды // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2021. № 1. С. 47–55.

УДК 004.89

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ПРАВИЛ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНОСНОГО ТРАФИКА В АВТОНОМНОМ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Шнайдер А.В., Казаков Ф.А.*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: office@sfu-kras.ru*

В данной работе, в рамках создания автономного программно-аппаратного комплекса по выявлению вредоносных сетевых воздействий, рассматривается возможность применения методов обработки естественного языка (NLP) для генерации правил системы Snort. Оценивается возможность создания автоматического модуля генерации правил, что позволит говорить о возможности создания полностью автономного программно-аппаратного комплекса. Предлагается техника NLP для упрощения процесса составления правил и, таким образом, повышения скорости реакции на возникновение новых сетевых угроз. С помощью методов обработки естественного языка и методов машинного обучения новые правила генерируются на основе выделенного обучающего набора сетевого трафика (сетевых пакетов), который может формироваться как на основе уже известных сетевых угроз, так и на основе только что выделенных вредоносных пакетов. Для создания модуля генерации трафика выбран новый класс нейросетей – трансформеров, используемый для решения задач обработки естественного языка, учитывающий сильные зависимости. Выполнено сравнение стационарного типового набора правил выделения сетевых угроз с динамически сформированным набором с точки зрения обнаружения существующих типов вредоносного трафика и количества «ложноположительных» срабатываний, показано достаточно высокое качество полученного набора и минимальные показатели ошибок.

Ключевые слова: анализ сетевого трафика, машинное обучение, генерация правил, искусственная нейронная сеть, сигнатура

USING MACHINE LEARNING METHODS TO GENERATE RULES FOR DETECTING MALICIOUS TRAFFIC IN AN AUTONOMOUS HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX

Shnayder A.V., Kazakov F.A.*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: office@sfu-kras.ru*

In this paper, within the framework of creating an autonomous hardware-software complex for detecting malicious network influences, the possibility of applying natural language processing (NLP) methods for generating Snort system rules is considered. The possibility of creating an automatic module for rule generation is assessed, which will allow talking about the possibility of creating a fully autonomous hardware and software complex. We propose an NLP technique to simplify the rule generation process and thus increase the speed of response to the emergence of new network threats. Using natural language processing and machine learning techniques, new rules are generated from a dedicated training set of network traffic (network packets), which can be generated from both already known network threats and newly identified malicious packets. To create a traffic generation module, a new class of neural networks – transformers – is selected, which is used to solve natural language processing problems, taking into account strong dependencies. The comparison of the stationary typical set of rules for detection of network threats and dynamically generated set-in terms of detection of existing types of malicious traffic and number of “false positives” is performed, it is shown that the obtained set is of high enough quality and minimal error rates.

Keywords: network traffic analysis, machine learning, rule generation, artificial neural network, signature

В рамках создания автономного программно-аппаратного комплекса для выявления вредоносного воздействия на сетевые ресурсы, возникли задачи автоматической генерации правил для проектируемой аппаратной системы контроля трафика. Задачи автоматической генерации вытекают на основе требований к автономному функционированию создаваемого комплекса.

Программная часть комплекса основана на системе Snort и использует аналогичный синтаксис набора правил для описания основных алгоритмов выделения вредоносного трафика. Для определения возможности автоматического расширения набора правил в данной работе обсуждаются проблемы использования алгоритмов машинного

обучения для генерации синтаксически правильных правил. Предлагаемые решения проверялись на оригинальном ПО Snort, поэтому в тексте статьи упор делается именно на использование данного ПО.

Использование системы Snort с модулем искусственного интеллекта

Большинство работ по улучшению системы Snort с помощью использования методов искусственного интеллекта (ИИ), как правило, сосредоточены на образцах вредоносного трафика в их исполняемой форме или в форме набора данных (дампа трафика). Исследования показывают [1, 2], что технологии ИИ повышают скорость обнаружения вредоносного трафика. Для соз-

дания точных моделей классификации использовались различные характеристики образцов вредоносного трафика. Наконец, алгоритмы ИИ могут быть использованы для генерации правил на основе сигнатур вредоносного трафика, и именно этому посвящена работа.

*Системы искусственного интеллекта
для генерации сигнатур
вредоносного трафика*

Воздействие вредоносных программ проявляется на сетевом уровне, и для их идентификации и пометки создаются соответствующие правила, позволяющие классифицировать характер трафика на основе основных атрибутов, определенных строк и его типа [3]. Эта нетривиальная задача, может быть, и при создании правил в ручном режиме требует внимательного анализа большого объема данных для формирования совокупности признаков и выделения характерной строки (сигнатуры). Ручная обработка не исключает возникновения ошибок. Такими ошибками могут быть: необнаружение вредоносного трафика, «ложноотрицательные результаты» или чрезмерное количество обнаружений «ложноположительных результатов».

После обзора предметной области были сделаны выводы, что практически не проводилось исследований по генерации сигнатур для систем обнаружения вредоносного трафика с использованием выделенных классов вредоносного трафика в качестве входного набора данных. Цель автоматизации состоит в том, чтобы автоматически создаваемые правила точнее обнаруживали вредоносный трафик и оперативней обновлялись при выявлении новых классов атак. Для достижения этой цели была поставлена задача объединить методы обработки естественного языка с алгоритмами машинного обучения для генерации сигнатур и правил идентификации при использовании в автономном программно-аппаратном комплексе.

Система защиты от вторжений Snort

Система Snort разработана Мартином Роешем – это ведущий отраслевой инструмент, который используется в системах обнаружения и предотвращения вторжений для выявления определенных моделей сетевого трафика на основе правила [4]. Поскольку система Snort является инструментом с открытым исходным кодом и широко доступна, она имеет большое количество правил для обнаружения различных типов вредоносного трафика. Правила доступны в формате с открытым исходным кодом, это делает данную систему привлекатель-

ной для использования в программно-аппаратном комплексе. В большинстве отраслей система записи правил Snort считается стандартом де-факто и используется в других аналогичных решениях IDS и IPS. Язык генерации правил хорошо настраивается и способен работать в качестве сканера (т.е. позволяет в реальном времени обнаруживать определенные модели сетевого трафика), существует большое количество плагинов, способных оценить качество новых правил, что позволяет использовать систему Snort в автоматическом режиме.

*Структура правил системы Snort
и методы тестирования*

Правило системы Snort (рис. 1) состоит из двух основных частей: заголовка и опций правила. Заголовок правила содержит «действия», протоколы, IP-адрес и маску источника/назначения, а также порты источника/назначения [5]. Опции правила содержат предупреждающие сообщения и спецификацию того, какая часть пакета должна быть проверена при принятии решения о действии правила.

Правила системы Snort создаются поэтапно и необходимы для обнаружения определенной вредоносной активности, происходящей в сети. Для тщательного определения и описания характерного поведения аномалий, которое должно быть обнаружено, обычно используют тестовые или неавторизованные локальные сети, также необходимо помнить, что правило для обнаружения отклоняющегося поведения не должно «обнаруживать» другие типы трафика, особенно доброкачественные или неопасные типы трафика, поскольку это приведет к ложным срабатываниям.

После того как правило написано, его необходимо протестировать с помощью сетевых файлов, содержащих вредоносный трафик, на который направлено правило, а затем протестировать с другими типами трафика, включая неопасный трафик. Как уже говорилось, помимо срабатывания на нужные типы вредоносного трафика целью является снижение количества ложных срабатываний, которые могут произойти при развертывании правила в реальной среде. Поэтому тестирование на срабатывание происходит следующим образом: проверяется, правильно ли система Snort загружает правило, проверяется, может ли система Snort вызвать предупреждение и, наконец, подтверждается, правильно ли регистрируются предупреждения [6]. Также правило должно быть протестировано на достаточно большой репрезентативной выборке доброкачественного трафика, чтобы убедиться, что оно не срабатывает ложно.

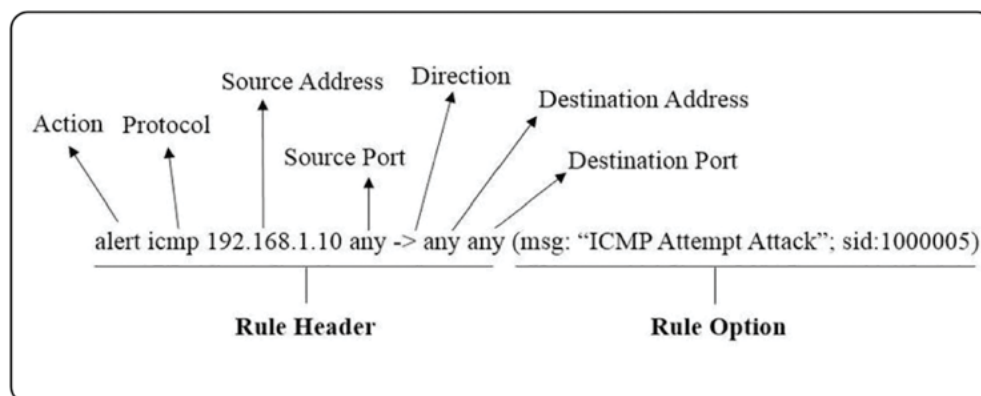


Рис. 1. Структура правила системы Snort

В реальных системах последствия ложных срабатываний могут варьироваться от переполнения журнала до ухудшения обнаружения или предотвращения.

Обработка естественного/искусственного языка и глубокое обучение

В лингвистике естественный язык – это любой язык, который естественным образом развился у людей в результате многократного использования и без сознательного планирования [7]. Это определение включает в себя все различные языки, на которых общаются люди. Искусственный язык – это любой язык, который был специально разработан для конкретных целей и обычно используется в вычислительных средах. Некоторые примеры искусственного языка: языки программирования и языки разметки. Поскольку языки этих классов имеют свои технические требования к формированию слов и предложений, они могут использоваться в различных лингвистических задачах, к таким задачам относятся: лексический анализ, статистический анализ, семантический анализ, вопросы и ответы, генерация текста и т.д.

Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) – это область лингвистики, информатики и искусственного интеллекта. NLP относится к взаимодействию между компьютерами и человеческим языком. Очень популярное в настоящее время использование NLP – это недавний набор интеллектуальных помощников, таких как Apple Siri, Google Assistant и Amazon Alexa [8]. NLP использует статистические методы и часто нейронные сети для выполнения различных задач: обработку текста в речь, генерацию текста, системы ответов на вопросы и т.д., а также растущее число других задач. Некоторые распространенные приложения

NLP включают: информационный поиск, распознавание именованных сущностей и маркировку частей речи.

Использование глубокого обучения для NLP

Глубокое обучение (Deep Learning, DL) – это подобласть машинного обучения, которая связана с алгоритмами, основанными на структурах и функциях головного мозга, по этой причине их часто называют искусственными нейронными сетями. Искусственные нейронные сети – это машинное представление процессов и модели человеческого мозга (т.е. образование связей между нейронами).

Существует несколько типов искусственных нейронных сетей. К популярным относятся Конволюционные нейронные сети или Сверточные нейронные сети (CNNs), Рекуррентные нейронные сети (RNNs), Рекуррентные нейронные сети с управлением (GRUs), Сети с долговременной памятью (LSTM), Трансформеры и т.д. [9]. Эти типы нейронных сетей в настоящее время используются для выполнения различных задач, таких как распознавание изображений, финансовое прогнозирование, генерация текста и нарастающий список других задач.

Техники генерации текста NLP и Трансформеры

Генерация текста, также называемая генерацией естественного языка (Natural Language Generation NLG), является популярным подтипом NLP. NLG – это процесс обучения системы генерировать связный и логичный текст, который может быть использован для решения различных задач, таких как написание газетных статей, резюмирование сложных документов и т.д.

Трансформеры – это новая архитектура, разработанная для решения задач, свя-

занных с обработкой таких последовательностей, как текст на естественном языке, при одновременной обработке больших зависимостей. Под большими зависимостями понимается способность нейронной сети запоминать контекст в данной последовательности [10]. Трансформеры используют контекст (т.е. окружающие слова, которые связаны друг с другом) для удаления лишнего содержимого и для улучшения качества генерируемого текста, они также могут сделать полученный текст более кратким или осмысленным. Задача преобразования последовательностей – это задача, поставленная перед нейронной сетью по изменению последовательности в другую текстовую последовательность. Цель состоит в том, чтобы понять входной текст (входную последовательность) и создать менее размерное представление этой последовательности, далее это представление используется для генерации выходной последовательности. Контекст очень важен в NLG главным образом потому, что контекст является основным требованием при формировании новых предложений. Этот процесс называется внимание (в некоторых случаях самовнимание). Модуль внимание работает путем сравнения каждого слова входной последовательности со всеми другими словами, включая само слово, создается модель, которая учитывает контекстуальную релевантность и значение.

Трансформеры – это сети без повторений или петель, в которых используется механизм внимания, это техника, которая пытается имитировать когнитивные процессы, проходящие в человеческом мозгу. Цель механизма внимания – усилить или сфокусироваться на важной части данных и уменьшить важность остальных. Рекуррентные нейронные сети, в частности трансформеры, исторически было трудно реализовать в параллельных процессорных архитектурах, и они были менее эффективны при обучении текста с длительными зависимостями в последовательности входных и выходных данных. Реализация была осложнена требованием вычислений, требующих значительного объема памяти. Термин «длительные зависимости» относится к способности нейронной сети запоминать или обучаться на контексте слов. Длительные зависимости подразумевают, что система использует большую часть данных и пытается извлечь из них смысл и понимание, трансформеры могут улучшить общую производительность генерации текста при разумном использовании контекста.

Благодаря такому акценту на контексте, трансформер также может хорошо модели-

ровать долгосрочные зависимости. Трансформеры используют несколько блоков для обработки данных и несколько входных последовательностей для создания общей выходной последовательности. При множественном распределении внимания несколько блоков работают одновременно, что позволяет им параллельно обслуживать различные части входной последовательности. Это значительно увеличивает скорость обучения нейронных сетей, делая их более практичными для многих новых моделей.

Архитектура трансформеров

Архитектура трансформеров была представлена Саи Сатьянараян [11]. Трансформер состоит из двух основных частей (рис. 2): кодера и декодера, обозначенных на схеме Nx, кодер на схеме изображен с левой стороны.

Кодер состоит из одного слоя много-модульного внимания, за которым сразу же следует еще один слой нейронной сети с прямой передачей. Декодер имеет ту же структуру, только с добавлением дополнительного скрытого слоя много-модульного внимания, это делается для того, чтобы сделать обучение более параллельным, что позволяет модели обучаться быстрее. В задачах NLG можно использовать различные конструкции нейронных сетей. В данной работе мы использовали модель Generative Pretrained Transformer 2 (GPT-2) от OpenAI. Эта модель является преемником модели GPT, выпущенной в открытый доступ в 2018 г. Архитектура GPT-2 не является абсолютно новой и похожа на трансформер, основное отличие заключается в том, что он обучается с использованием очень большого набора параметров.

Практическое использование SNORT и NLP с глубоким обучением

Основная задача использования NLP при построении модели противодействия вторжения в телекоммуникационную сеть – создание новых правил для системы Snort, которые будут обладать всеми требованиями к системам информационной безопасности, в частности увеличивать процент найденных аномалий и уменьшить количество ложноположительных срабатываний. В качестве исходных данных для проверки модуля NLP на разработанном программно-аппаратном комплексе использовался набор данных для тестирования IPS/IDS совместного проекта Службы безопасности связи (Communications Security Establishment) и Канадского института кибербезопасности (Canadian Institute for Cybersecurity) CSE-CIC-IDS2020, при этом были полученные следующие результаты (таблица).

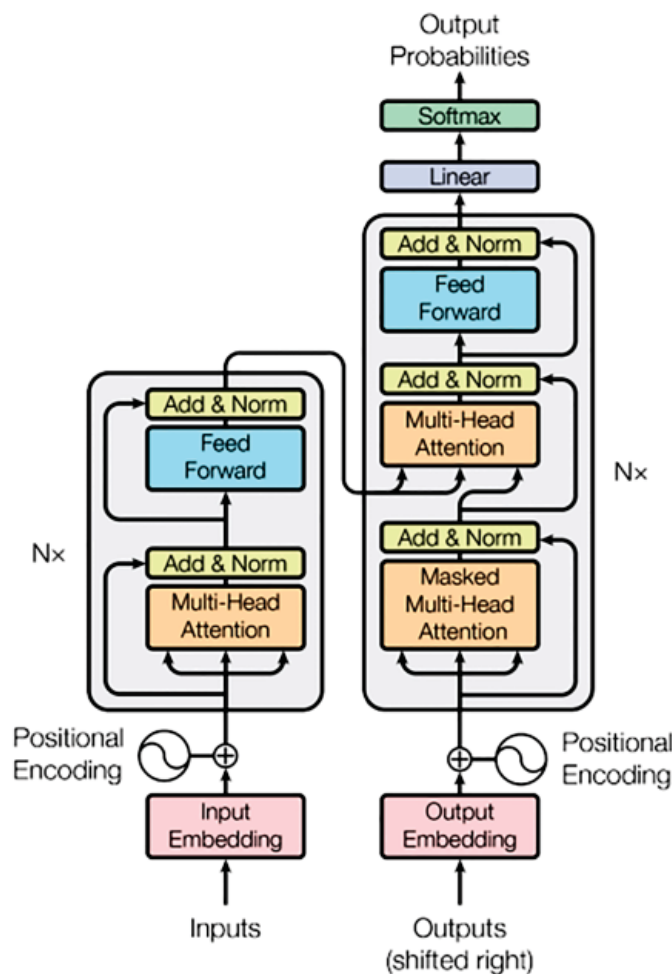


Рис. 2. Архитектура трансформера

Результаты работы систем Snort с модулем NLP

	Система Snort	Система Snort с модулем NLP
Количество правил, шт.	7 600	7 800
Найденные аномалии, %	100	95
Выделенные типы атак, шт.	120	120
Ложные срабатывания, %	0	0.132

Заключение

Набор данных CSE-CIC-IDS2020 представляет собой два дампа трафика, вредоносного и тестового (с примесью вредоносного и «обычного» трафика) с описанием каждого типа аномалий и набор правил для борьбы с ними. Для тестирования было подготовлено две системы Snort, на первую систему были загружены правила из набора данных CSE-CIC-IDS2020, предоставленные для их обнаружения, дампы вредоносного трафика были направлены во вторую систему с модулем NLP для автоматической генерации правил, которые в дальнейшем были загружены

в «чистую» систему Snort. После на системы Snort был направлен дампы тестового трафика для оценки работы модуля NLP.

Как видно по результатам эксперимента (таблица), количество автоматически созданных правил сравнимо с набором созданных вручную группой экспертов. Качество созданного набора правил незначительно ниже эталонного, но все равно является достаточно высоким. Учитывая возможность дальнейшего оперативного обновления рабочего набора правил, использование автоматической генерации вполне применимо в автономных системах.

Список литературы

1. Гафаров Ф.М., Галимянов А.Ф. Искусственные нейронные сети и приложения: учебное пособие. Казань: Издательство Казанского университета, 2018. 121 с.
2. Kashyap N. Providing Cyber Security using Artificial Intelligence. A survey, in 2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC). Mar. 2019. P. 717–720. DOI: 10.1109/ICCMC.2019.8819719.
3. Scarfone K.A., Mell P.M. Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS). National Institute of Standards and Technology, 2007. P. 28. P. 800-894. DOI: 10.6028/NIST.S.
4. Understanding and Configuring Snort Rules. Rapid7 Blog, Rapid7, Dec. 09. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rapid7.com/blog/post/2016/12/09/understanding-and-configuring-snort-rules/> (дата обращения: 15.11.2022).
5. Peter J.B., Richard A.D. Introduction to Time Series and Forecasting – 2nd ed. Springer-Verlag New York, Inc. 2020. 449 с.
6. Abanda A., Mori U., Lozano J. A review on distance-based time series classification. Data Mining and Knowledge Discovery. 2019. Vol. 33. No. 2. P. 378–412.
7. Top NLP-Based Personal Assistant Apps Used In 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://analyticsindiamag.com/top-nlp-based-personal-assistant-apps-used-in-2019/> (дата обращения: 19.11.2022).
8. Natural Language Processing (NLP): What Is It & How Does it Work? MonkeyLearn. [Электронный ресурс]. URL: <https://monkeylearn.com/natural-language-processing/> (дата обращения: 16.11.2022).
9. Range Dependency – an overview // ScienceDirect Topics. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/range-dependency> (дата обращения: 16.11.2022).
10. Attention Is All You Need // Vaswani A. Dec. 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://arxiv.org/abs/1706.03762> (дата обращения: 16.11.2022).
11. Sathyanarayan V.S., Kohli P., Bruhadeshwar B. Signature Generation and Detection of Malware Families. in Information Security and Privacy, Berlin, Heidelberg, 2008. P. 336–349. DOI: 10.1007/978-3-540-70500-0_25.

УДК 004.93'1

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НАНОСИМОЙ ТЕКСТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

¹Якимайнен Д.С., ¹Шамраев А.А., ²Шевцов М.Ю., ³Кариков Е.Б.¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: 1248975@bsu.edu.ru, shamraev@bsu.edu.ru;²ООО «АНТРЕЛ-Автоматизация», Белгород, info@antrel.ru;³ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова»,
Белгород, e-mail: evgenij-karikov@mail.ru

Эффективность систем контроля наносимых текстур по большей части характеризуется ручным трудом. Из-за ограниченных возможностей человеческого мозга и глаза по контролю актуальна разработка систем, основанных на автоматизированном замещении человеческого ресурса с помощью технического зрения и новейших технологий. В статье проведен обзор методологий построения систем контроля на базе технического зрения. Описана предметная область, заключающаяся в номенклатурном контроле нанесения текстуры на поверхность. Проведен анализ основных проблем предметной области, связанных с обработкой изображений текстур. Рассмотрены методы распознавания и проведено сравнение по критериям распознавания и классификации. В связи с узкоспециализированной направленностью и фактическим отсутствием отечественных аналогов предложено системное решение на базе использования линейной камеры в связке с нейросетью. За основу взята нейросетевая модель EfficientNetV2 с входным форматом кадра 480x480. Описан алгоритм аугментации и подготовки датасетов для обучения, извлекаемый с изображения линейной камеры. Предложен алгоритм автоматизации цикла работы решения на основе расчета центроидов евклидова пространства, вычисления принадлежности классу. Его применение также позволяет осуществлять автоматическое дообучение системы контроля путем использования данных псевдоклассов от kmeans++ кластеризации. Предложенное авторами решение протестировано в производственных циклах, полученные результаты свидетельствуют о пригодности предложенного подхода для организации автоматического контроля наносимой текстуры.

Ключевые слова: нанесение текстуры, классификация, нейросеть, техническое зрение, кластеризация

AUTOMATIC CONTROL OF THE APPLIED SURFACE TEXTURE USING TECHNICAL VISION

¹Yakimainen D.S., ¹Shamraev A.A., ²Shevtsov M.Y., ³Karikov E.B.¹Belgorod State National Research University, Belgorod,
e-mail: 1248975@bsu.edu.ru, shamraev@bsu.edu.ru;²LTD «ANTREL-Automatization», Belgorod, e-mail: info@antrel.ru;³Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod,
e-mail: evgenij-karikov@mail.ru

The effectiveness of control systems for applied textures is mostly characterized by manual labor. Due to the limited control capabilities of the human brain and eye, the development of systems based on automated replacement of human resources with the help of technical vision and the latest technologies is relevant. The article provides an overview of methodologies for building control systems based on technical vision. The subject area is described, which consists in the nomenclature control of applying texture to the surface. The analysis of the main problems of the subject area related to the processing of texture images is carried out. Recognition methods are considered, and a comparison is made according to recognition and classification criteria. Due to the highly specialized orientation and the actual absence of domestic analogues, a system solution based on the use of a linear camera in conjunction with a neural network is proposed. The neural network model EfficientNetV2 with an input frame format of 480x480 is taken as a basis. The algorithm of augmentation and preparation of datasets for training, extracted from the image of a linear camera, is described. An algorithm for automating the cycle of the solution based on the calculation of the centroids of Euclidean space, the calculation of class membership is proposed. Its application also allows for automatic retraining of the control system by using pseudo-class data from kmeans++ clustering. The solution proposed by the authors has been tested in production cycles, the results obtained indicate the suitability of the proposed approach for organizing automatic control of the applied texture.

Keywords: texture mapping, classification, neural network, technical vision, clustering

Основанная на потребностях современных технологических производств автоматизация отдельных модулей или процессов приобретает все большую значимость. При рассмотрении отдельных этапов производства, связанных с непрерывным визуаль-

ным контролем, можно отметить преобладающее применение ручного труда. Примером такого взаимодействия является процесс проверки поверхности на соответствие заданным характеристикам – цвету, рисунку, текстуре, детализации и отсутствию дефектов.

При анализе отдельных критериев описываемой предметной области обнаружено, что эффективность контроля в расчете на единицу рабочего персонала мала. Обусловлено это сценариями, когда контроль поверхности связан с большой площадью (более 300х2400 мм) и совершается на плоскости движимого конвейера. Текстурированная поверхность помещается на плоскость конвейерной ленты манипулятором, затем проходит проверку работником на соответствие контролируемыми параметрам, например номенклатуре текстуры. Основная проблемная часть процесса контроля заключается в ограниченных параметрах работы человеческого глаза и мозга, связанное взаимодействие которых не способно одновременно обработать все захватываемое изображение полностью. Вследствие описанного человеческого фактора фиксируется довольно существенный процент ошибок, связанных с неспособностью точно распознать и произвести классификацию текстуры поверхности, особенно участков, схожих между собой и различающихся только некоторыми сегментами, цветовыми характеристиками или деталями [1].

Данная проблема решается путем перехода от ручного труда к автоматизированным системам, основанным на использовании технического зрения.

Целью исследования является повышение показателей эффективности контроля за нанесением текстурированного полотна, основанного на распознавании и классификации техническим зрением.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования будет являться способ построения технического зрения. Анализ существующих производственных решений показывает, что техническое зрение в них основано в основном на организации программно-аппаратного комплекса из датчиков и камер, которые можно разделить на три категории.

1. Использование матричных камер – захват картинки осуществляется зонально, рабочая плоскость разделяется по принципу мультикамеры. При таком подходе камера стремится захватить изображение полотна на разных его участках, тем самым принимая в обработку максимальное количество деталей. Активно применяется такими компаниями, как MVTec [2].

2. Комплекс модульных устройств – связи световых датчиков, инфракрасных и ультразвуковых. Основная сфера использования заключается в применении для распознавания дефектов, контроля границ или поверхности.

Классификация строится на перекрестном анализе выходных данных датчиков как с помощью стандартных математических методов анализа, так и с помощью нейросетевых технологий. Осуществляется, например, компанией Valmet [3].

3. Использование линейной камеры для захвата изображения – основные преимущества заключаются в считывании изображения построчно, тем самым извлекается максимальное количество деталей, накапливаемых в буфер и далее подвергающихся анализу [4].

Проводя сравнение материальной базы в рамках исследуемой технической сферы применения, важно отметить различающуюся специфику и недостатки. Первая организация имеет существенный недостаток в виде необходимости постоянной настройки изображения, параметров яркости, экспозиции и гаммы. Системы технического зрения могут генерировать существенные ошибки, связанные с искажением краев захватываемого изображения, а также со смазанностью, обусловленной движением наблюдаемой поверхности. Для получения качественного изображения часто требуется также предусматривать остановки и паузы в работе конвейера. В производственных условиях данные факторы все более причисляются к рудиментарным, так как необходимость в постоянной донастройке под неидеализированные условия (наличие помех, естественных воздействий) в итоге снижает показатели эффективности работы технологической линии.

Во второй организации, с использованием комплекса модульных устройств, основной недостаток заключается в узкой специализации и высокой стоимости под конкретное производство. Из-за того что использование сенсоров, как правило, рассчитано на воздействие на определенный материал, например на отражение спектра от типа поверхности или разницы в месте ее конца, единожды развернутая система при перенастройке потребует значительных вложений.

Произведя сравнение представленных категорий, авторы предложили вариант организации на базе линейной камеры с гибридным подходом по заимствованию датчиков, в основном связанных с освещением. Основная идея использования линейной камеры заключается в максимальном получении всех признаков захватываемого изображения полотна – при этом минимизируются ошибки, связанные с перемещением (частота забора изображения подстраивается под скорость конвейера), а также не требуются широкие настройки по цвету,

формату, фокусу, не наблюдается искажений. Для организации освещения рабочей области достаточно лишь двух источников рассеянного света, тогда как при использовании матричной камеры необходимо сложное многомодульное решение. При необходимости линейную камеру также возможно настроить на связку с датчиками, к примеру активировать по фронту импульса от инфракрасного или оптического датчика, когда зафиксирован конец захватываемой камерой поверхности. Камера не накопит в своем буфере лишних данных, а получит лишь чистое изображение, которое в дальнейшем будет подвергнуто распознаванию и классификации.

Для выбора метода распознавания и классификации важно учитывать производственную специфику. Часто предпочтения, на которых используется оценка качества нанесения текстурированного полотна, работают с заранее не известным числом классов и без режима простаивания, что требует особого подхода к организации – необходима разработка системы, обладающей принципом самообучения с минимальным вмешательством рабочего звена. Анализ производственных решений показал, что большинство систем являются узкоспециализированными, при этом отечественный рынок практически не обладает реальными эксплуатационными продуктами, вследствие чего дополнительно подчер-

киваются новизна исследования и необходимость его разработки.

При применении метода распознавания текстур, основанного на методах вычислительной топологии [5], невозможно было осуществить корректное предсказание для ряда схожих между собой текстур практически одинаковой цветовой передачи, но незначительно различающихся сегментационными признаками (рис. 1).

Те же результаты показывали фильтр-алгоритмы [6], так как при наложении преобразований, связанных с шумом или изменением перспективы, алгоритм классификации склонял изображения одного класса к другим, при этом терялись мелкоразмерные отличительные признаки.

Предлагаемое применение паттернов и совокупного с ними уровневого анализа [7] также не удовлетворяет условиям цели исследования, так как проводить качественную сегментацию признаков по уровневым диаграммам сложно исходя из специфики – контроль за нанесением должен предусматривать неконтролируемое появление новых классов текстур поверхности, а следовательно, и постоянное формирование новых общих отличительных признаков. Данный процесс занимает значительное время по расчету, а также чувствителен к ложным ситуациям, когда общий паттерн оказывается рассчитанным для совершенно разных текстур.

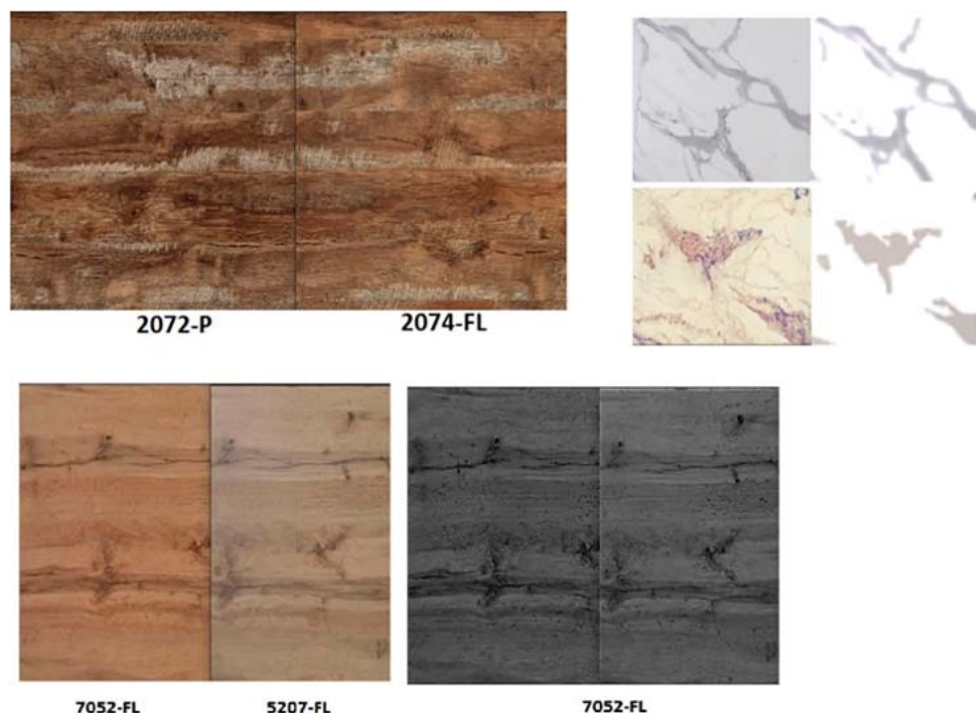


Рис. 1. Ошибки алгоритмов классификации – фильтры, паттерны

Современные методы распознавания подразумевают использование CNN (сверточных нейронных сетей) для распознавания, однако большинство из нейросетевых архитектур (ResNet50, ResNet152, VGG16, VGG19) [8] при сравнительном рассмотрении не подходят под специфику предметной области, поскольку требуют значительного времени для обучения, а также имеют малый размер входного кадра после проведения глубокой свертки (порядка 128x128). Это приводит к потере качества изображения, малому извлечению признаков и к дополнительным сложностям по контролю за переобучением нейросети.

Авторами предложено использовать архитектуру EfficientNetV2 B1 [9] с размером входного кадра 480x480 из-за ряда преимуществ ее архитектуры. Применение блока глубокой свертки 3*3 позволяет четко выделить параметры для обучения и ускорить параметр времени препроцессинга. Использование улучшенного комбинированного масштабирования по ширине, глубине и разрешению является основным преимуществом EfficientNetV2 в сравнении с другими архитектурами распознавания и стало ключом к максимальному приросту точ-

ности при минимизации вычислительной сложности – изменяя входной кадр, нейросеть позволяет сегментировать и выявить максимальное число признаков. В сравнении с ранее описанными топологическими и фильтрационными методами использование EfficientNetV2 дает возможность выделить отдельные признаки изображения неотрывно от общего представления кадра, например одинаковые узоры на текстуре мрамора, четко разделив их на разные классы по общему оттенку широкоформатного полотна.

Для обучения нейронной сети авторами предлагается использование алгоритма аугментации, описываемого последовательной моделью со случайными параметрами. Для этого в работе разрабатываемой системы предлагается разбиение изображения текстурированного полотна размером 5760x1920 пикселей на 12 фрагментов размером 960x960 с дальнейшим применением для 50% выборки поворотов, масштабирования, аддитивного гауссова шума и трансформации по перспективе с сохранением размерности, чтобы в результате получить датасет аугментированных изображений для каждого класса (рис. 2).

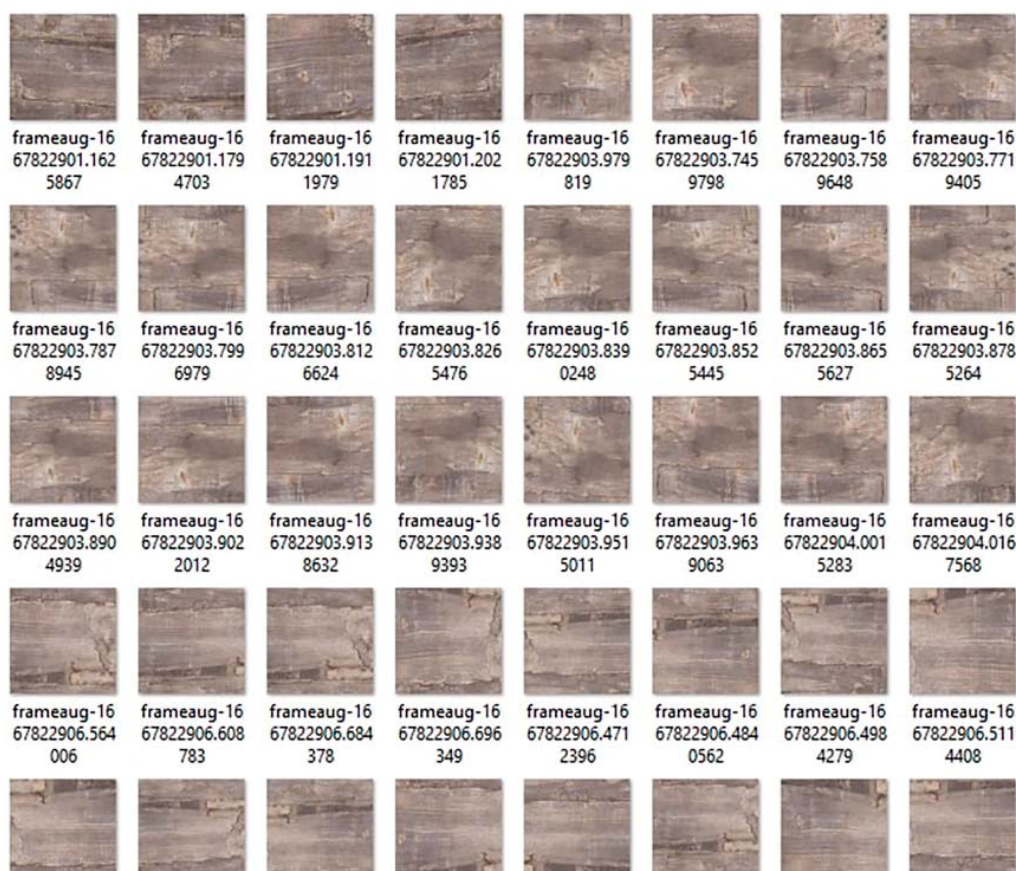


Рис. 2. Аугментированный датасет

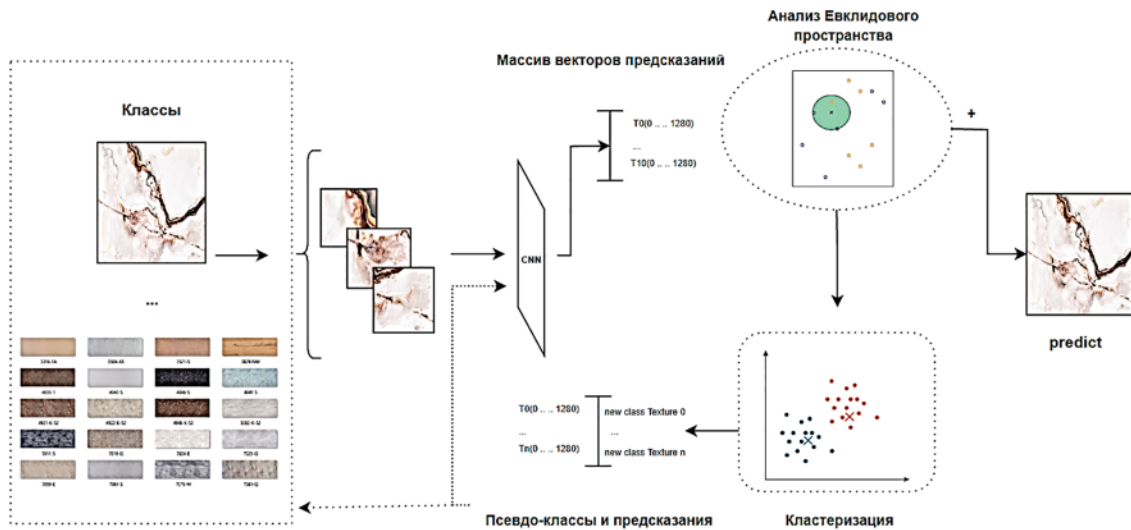


Рис. 3. Схематично представленный алгоритм

Стандартная работа EfficientNetV2 основана на однозначном отнесении к одному из известных по весовой модели классу. Для построения автоматизированного решения с использованием обучения на ранее не известных изображениях текстур авторами предложен следующий алгоритм.

1. Нейронная сеть генерирует векторы предсказаний для валидационной выборки из нескольких десятков текстур путем снятия их с внутреннего слоя, предшествующего свертке Dense. Каждый вектор содержит в себе 1280 признаков.

2. Для массива векторов высчитываются математическое ожидание, представляющее собой некий центроид в евклидовом многомерном пространстве признаков, а также величина дисперсии. Расчет ведется по столбцам массива.

3. При работе системы для каждого изображения текстуры, полученного линейной камерой, генерируется вектор признаков из пункта 1, который в дальнейшем участвует в расчете евклидова расстояния [10] между объектами. Производимой расчет схож с используемым в алгоритме классификации k-nearest [11], однако учитывает наименьшие расстояния и сравнивает впоследствии с дисперсией. Если ни одна из дисперсий уже известных центроидов не превышает найденное евклидово расстояние (выполняется условие формулы 1), то вектор предсказаний для текстуры считается уникальным и текстура с вектором помещается в словарь неизвестных:

$$S_{E_{i=1..n}} - Dsp_{cent_{i=1..n}} \leq 0 \quad (1)$$

4. Среди неизвестных текстур применением алгоритма kmeans++ определяются кластеры, число которых рассчитывается

по коэффициенту Силуэта [12]. Они представляют собой ранее не известные множества векторов предсказаний, но предварительно сгруппированные.

5. Кластеризированные предсказания, а также связанные с ними изображения догружаются как псевдоклассы на вход нейронной сети EfficientNetV2 в процессе ее обучения. Таким способом организуется полный цикл автоматического функционирования системы как в режиме обучения, так и в режиме распознавания. Схематично это представлено на рисунке 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим результаты, позволяющие оценить достижение повышения показателей эффективности контроля за нанесением текстурированного полотна (рис. 4). На рисунке представлены два сценария тестирования – синтетический (верхняя половина рисунка) и реальный. По результатам синтетического теста скорость распознавания одного фрагмента из 15 составила порядка 4,5 мс, при этом все текстуры определились верно.

По данным ранее проведенных исследований с использованием фильтрационных методов преимущества для различных скорости распознавания текстур достигла от 11 до 25 мс на одно изображение [6], что является более низким показателем по сравнению с описанным в работе. Подобные результаты показывают сравнение и с нейросетевыми подходами, например решениями на базе ResNet, где подтверждение ускорения обнаружения (благодаря EfficientNet) в FLOPS схоже с представленными в источнике [13].

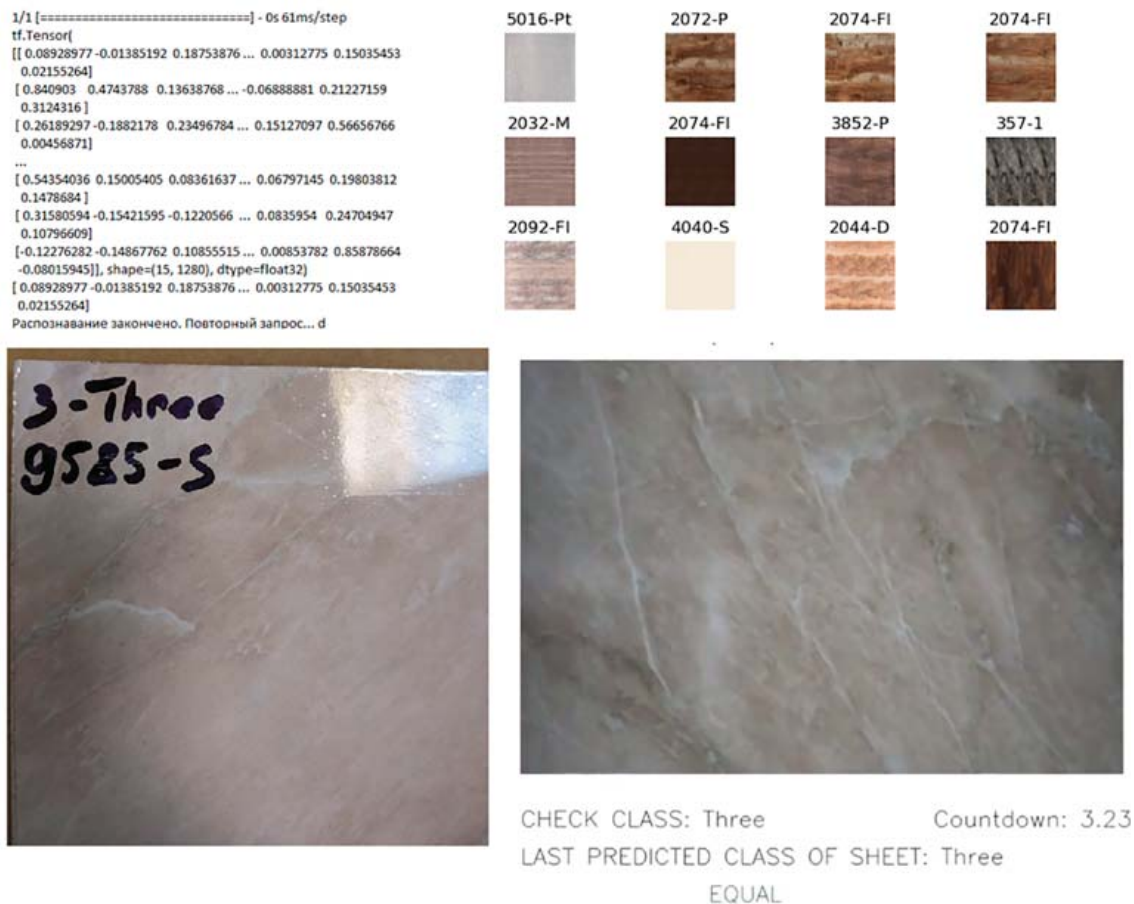


Рис. 4. Результаты тестирования

Реальный тест, на котором было произведено распознавание линейной камерой вручную отобранной текстуры, правильно классифицировал текстуру на неизвестных участках. Таким образом, предложенный авторами статьи метод организации распознавания и классификации для автоматического контроля наносимой текстуры показывает свою пригодность для реальных задач.

Заключение

Предложенный метод автоматизированного контроля наносимой текстуры обеспечивает достаточную для интеграции в производственные линии эффективность выполнения. В настоящее время совместно с ООО «АНТРЕЛ-Автоматизация» проводятся работы по адаптации предложенного метода на предприятии МК «Кедр Столешницы». Полученные в работе результаты защищены свидетельством о государственной регистрации ПЭВМ 2022682176 «Программа для распознавания и классификации текстур столешниц» от 21.11.2022.

Список литературы

1. Funke C.M., Borowski J., Stosio K., Brendel W., Wallis T.S., Bethge M. Five points to check when comparing visual perception in humans and machines. *Journal of Vision*. 2021. Vol. 21. No. 3. P. 11-16.
2. Bergmann P., Fauser M., Sattlegger D., Steger C. MVTec AD — A Comprehensive Real-World Dataset for Unsupervised Anomaly Detection. 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019. P. 9584-9592.
3. Toskala M., Mäkelä I., Markku M. Measurement of tissue paper. US Patent 10043256. 7 Aug 2018.
4. Steger C., Ulrich M. A Multi-view Camera Model for Line-Scan Cameras with Telecentric Lenses. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*. 2022. Vol. 64. P. 105-130.
5. Макаренко Н.Г., Уртъев Ф.А. Распознавание текстур на цифровых изображениях методами вычислительной топологии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 131-144.
6. Wang M., Gao L., Huang X., Jiang Y., Gao X. A Texture Classification Approach Based on the Integrated Optimization for Parameters and Features of Gabor Filter via Hybrid Ant Lion Optimizer. *Applied Sciences*. 2019. № 9. P. 2173-2186.
7. Answer R.M., Khan F.S., Van De Weijer J., Molinier M., Laaksonen J. Binary patterns encoded convolutional neural networks for texture recognition and remote sensing scene classification. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*. 2018. Vol. 138. P. 74-85.

-
8. Sushma L., Lakshmi K.P., An Analysis of Convolution Neural Network for Image Classification using Different Models. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 2020. Vol. 9. Issue 10. P. 629-636.
 9. Tan M., Le Q. Efficientnetv2: Smaller models and faster training. International Conference on Machine Learning. 2021. P. 10096-10106.
 10. Martins A., Duarte A., Dantas J. Neural networks applied to classification of data based on Mahalanobis metrics. In: Neural Networks. Proceedings of the International Joint Conference. Vol. 4. 2003. P. 3071–3076.
 11. Wang B., Zhang S. A new locally adaptive K-nearest centroid neighbor classification based on the average distance. Connection Science. 2022. Vol. 34. P. 2084-2107.
 12. Ramadevi J. Evaluation of enhanced subspace clustering validity using silhouette coefficient internal measure. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. Vol. 11. № 1. P. 321-328.
 13. Kim B., Natarajan Y., Munisamy S.D, Rajendran A., Sri Preethaa K.R., Lee D., Wadhwa G. Deep Learning Activation Layer-Based Wall Quality Recognition Using Conv2D ResNet Exponential Transfer Learning Model. Mathematics. 2022. Vol. 10. P. 3-19.

СТАТЬИ

УДК 376.64

**ПРОФИЛАКТИКА ПОДРОСТКОВОЙ НАРКОМАНИИ
В УСЛОВИЯХ СОЦИАЛЬНО-РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦЕНТРА**^{1,2}Алпатова Н.С., ³Понькина И.В.¹НОУ ВО «Московский социально-педагогический институт», Москва;²ЧОУ ВО «Московский университет им. С.Ю. Витте», Москва, e-mail: alpatova.ns@mail.ru;³ГКСУ СО «Волгоградский областной социально-реабилитационный центр
для несовершеннолетних», Волгоград, e-mail: irina81_08@mail.ru

В статье актуализируется проблема подростковой наркомании, темпы роста которой являются одними из самых высоких относительно других возрастных групп. Профилактика подростковой наркомании занимает важнейшее место в комплексе мер по сохранению и укреплению здоровья несовершеннолетних, обеспечению безопасности их жизнедеятельности и является приоритетной задачей государства. Термин «наркомания» трактуется как болезнь, вызванная систематическим употреблением наркотиков и проявляющаяся в виде психической и физической зависимости. Экспериментальное исследование было направлено на выявление особенностей процесса социально-педагогической профилактики наркозависимости подростков в условиях социально-реабилитационного центра. Описаны этапы проведения опытно-экспериментальной работы. Первый этап предполагал проведение диагностики, направленной на выявление предрасположенности подростков к употреблению наркотических веществ. Второй этап подразумевал формирование у подростков устойчивых установок на неприятие наркотических веществ, изменение отрицательных мотивационных установок воспитанников, разрушение сложившихся у них наркотических стереотипов, формирование потребности в положительном поведении, формирование уверенного поведения и мотивации на ведение здорового образа жизни, а также оказание своевременной адресной помощи подросткам и мониторинг результатов профилактической работы в условиях Центра. На третьем этапе осуществлялся контрольный эксперимент, который позволил констатировать высокий уровень результативности реализации программы социально-педагогической профилактики наркозависимости подростков в условиях социально-реабилитационного центра.

Ключевые слова: профилактика, подростковая наркомания, социально-реабилитационный центр**PREVENTION OF TEENAGE DRUG ADDICTION
IN A SOCIAL REHABILITATION CENTER**^{1,2}Alpatova N.S., ³Ponkina I.V.¹Moscow Social and Pedagogical Institute, Moscow;²Moscow University named after S. Yu. Witte, Moscow, e-mail: alpatova.ns@mail.ru;³Volgograd Regional Social and Rehabilitation Center for Minors, Volgograd,
e-mail: irina81_08@mail.ru

The article actualizes the problem of teenage drug addiction, the growth rate of which is one of the highest relative to other age groups. Prevention of teenage drug addiction occupies an important place in the complex of measures to preserve and improve the health of minors, ensure the safety of their life and is a priority task of the state. The term "drug addiction" is interpreted as a disease caused by the systematic use of drugs and manifested in the form of mental and physical dependence. The pilot study was aimed at identifying the features of the process of socio-pedagogical prevention of drug addiction in adolescents in a social rehabilitation center. The stages of experimental work are described. The first stage involved conducting diagnostics aimed at identifying adolescents' predisposition to drug use. The second stage involved the formation of stable attitudes in adolescents to reject drugs, changing the negative motivational attitudes of pupils, the destruction of their drug stereotypes, the formation of a need for positive behavior, the formation of confident behavior and motivation for a healthy lifestyle, as well as the provision of timely targeted assistance to adolescents and monitoring the results of preventive work in the conditions of the Center. At the third stage, a control experiment was carried out, which made it possible to state a high level of effectiveness in the implementation of the program for the socio-pedagogical prevention of drug addiction among adolescents in a social rehabilitation center.

Keywords: prevention, teenage drug addiction, social rehabilitation center

Особенностью современного общества является широкое распространение наркомании, которое приняло катастрофические размеры, нанося огромный ущерб здоровью современного и будущих поколений [1]. Особое беспокойство вызывает подростковая наркомания, темпы роста которой являются одними из самых высоких относительно других возрастных групп. К основным

причинам употребления несовершеннолетними наркотических средств ученые относят недостаточную психологическую зрелость, нездоровую семейную атмосферу, слабость воли, реакцию эмансипации, стремление снять внутреннее напряжение без учета последствий, возрастные эмоциональные и психологические особенности пубертатного периода (В.С. Битенский, Г.А. Ермакова,

В.Л. Кабанов, Е.С. Красинская, М.П. Рябов, Ж.А. Тенгизова и др.) [2, 3]. Характерным признаком появившейся наркотической зависимости у подростков является изменение в его поведении. Учитывая этот факт, профилактика подростковой наркомании занимает важнейшее место в комплексе мер по сохранению и укреплению здоровья несовершеннолетних, обеспечению безопасности их жизнедеятельности и является приоритетной задачей государства [4].

Исследованию проблемы профилактики наркомании подростков посвящены работы таких ученых, как С.В. Березина, Н.Л. Векшиной, Б.В. Дмитриевского, Е.В. Змановской, М.А. Ковальчук, Ц.П. Короленко, К.С. Лисецкого, А.Е. Личко, Е.А. Назарова, М.И. Рожкова, Н.А. Сироты, В.М. Ялтонского и др. В работах этих авторов представлены разнообразные подходы к проблеме наркозависимости подростков.

Признавая значение вышеизложенных работ, следует указать на необходимость дальнейшего изучения проблемы социально-педагогической профилактики подростковой наркомании в условиях социально-реабилитационного центра.

Цель исследования – теоретическое обоснование и практическая реализация программы по социально-педагогической профилактике наркозависимости подростков в условиях социально-реабилитационного центра.

Под наркоманией понимают болезнь, вызванную систематическим употреблением наркотиков и проявляющуюся в виде психической и физической зависимости.

Социально-педагогическая профилактика наркозависимости воспитанников в условиях социально-реабилитационного центра определяется нами как комплекс мер (медико-социальных и психолого-педагогических), направленных на предотвращение распространения наркомании среди несовершеннолетних.

Материалы и методы исследования

Социально-педагогическая профилактика осуществлялась на базе государственного казенного специализированного учреждения социального обслуживания «Волгоградский областной социально-реабилитационный центр для несовершеннолетних» (далее – Центр). В эксперименте приняли участие 11 воспитанников в возрасте от 12 до 15 лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Первый этап экспериментальной работы предполагал проведение диагностики,

направленной на выявление предрасположенности подростков к употреблению наркотических веществ.

Представим описание содержания и результатов констатирующего эксперимента. Для диагностики был подобран комплекс диагностических методов: тест-опросник «Аддиктивная склонность» (В.В. Юсупов, В.А. Корзунин); тест «Склонность к зависимому поведению» (В.Д. Менделевич); опросник-анкета для раннего выявления родителями наркотической зависимости у подростков (В.Ю. Завьялов); анкета для подростков, направленная на изучение характера отношения подростков к наркомании [5].

На основании результатов диагностики мы выделили подростков с высоким, средним и низким уровнем сформированности устойчивости предрасположенности к приобщению к наркотическим веществам.

Низкий уровень предрасположенности к употреблению наркотических веществ выявлен у 30% подростков. Такие дети обладают необходимыми знаниями о вреде и последствиях наркомании, особенностях ее проявления в подростковой среде, знают о причинах, обуславливающих это явление; у них наблюдается адекватная самооценка, они уверены в себе, общительны, не склонны к риску.

Средний уровень предрасположенности к употреблению наркотических веществ обнаружен у 48% подростков. Подростки этой группы знают о влиянии и последствиях наркомании на организм человека, но проявляют личностную неустойчивость, неуверенность, некоторую тревожность и конфликтность. Наблюдается умеренная склонность к риску.

Высокий уровень предрасположенности к употреблению наркотических веществ наблюдается у 22% подростков, которые помимо недостаточного информирования о проблеме наркомании проявляют выраженную агрессивность, конфликтность, негативизм, замкнутость. У них отмечается высокая тревожность, низкая самооценка, проблемы в общении со сверстниками, выраженная склонность к риску.

Кроме того, выявлена низкая информированность подростков по ряду вопросов, относящихся к проблеме наркомании; у некоторых подростков наблюдается неоднозначная позиция в отношении употребления наркотиков.

Результаты диагностики свидетельствуют о необходимости разработки и проведения программы профилактики, направленной на формирование у подростков активной негативной установки на употребление наркотических веществ.

Полученные в ходе диагностики результаты позволили нам определить содержание профилактической работы с подростками в условиях реабилитационного центра.

Социально-педагогическая профилактика подростковой наркомании в условиях социально-реабилитационного центра представляет собой систему мер, изменяющую ценностные установки воспитанников с наркотических на просоциальные.

Целью разработанной нами программы является формирование у подростков устойчивых установок на неприятие наркотических веществ, изменение отрицательных мотивационных установок воспитанников, разрушение сложившихся у них наркотических стереотипов, формирование потребности в положительном поведении, формирование уверенного поведения и мотивации на ведение здорового образа жизни, а также оказание своевременной адресной помощи подросткам и мониторинг результатов профилактической работы в условиях Центра.

Задачи Программы:

1. Формировать позитивное отношение воспитанников к здоровому образу жизни; предоставить подросткам объективную информацию о последствиях употребления наркотиков и выработать представление об их негативном влиянии.

2. Создавать условия для приобретения подростками объективной информации о действии и последствиях употребления наркотических веществ.

3. Способствовать формированию навыков межличностного взаимодействия и развитию коммуникативных навыков.

4. Способствовать развитию умения противостоять внешнему социальному давлению; совершенствовать навыки уверенного поведения и принятия решений, ответственности за свои действия и свой выбор.

5. Оказывать своевременную адресную помощь подросткам и проводить мониторинг результатов профилактической работы в условиях Центра.

Ожидаемые результаты Программы:

1. Сформированность у воспитанников приоритетных основ здорового образа жизни и стойкого противодействия наркомании.

2. Обеспечение воспитанников знаниями о вреде наркотиков.

3. Сокращение числа подростков, имеющих склонность к употреблению психоактивных веществ.

4. Наличие способности и готовности противостоять негативному воздействию социальной среды, принимать самостоятельные и ответственные решения; делать правильный выбор, говорить «нет».

Этапы Программы:

1. *Оrientировочный* – предполагает проведение диагностики уровня сформированности устойчивости подростков к приобщению к наркотическим веществам с использованием методов тестирования, анкетирования; создание благоприятных условий для работы в группе.

2. *Содержательный* – подразумевает проведение серии занятий, направленных на достижение цели и решение задач Программы.

3. *Итоговый* – направлен на проведение повторной диагностики, подведение итогов реализации Программы.

Каждое занятие начиналось с рефлексии (кроме первого), во время которой специалист узнавал у подростков об их самочувствии и желании начать/продолжить работу. Затем объявлялись тема и цели встречи, и далее переходили к непосредственной реализации основного содержания занятия.

В конце каждого занятия проводилась рефлексия процесса работы с целью выяснения отношения участников к происходящему, осознания ими своего вклада в работу, понимания того, что мешало работе в коллективе, что способствовало активной работе в нем и т.д.

Основными методами работы выступили: квест-игры, групповые дискуссии, правовые брэйн-ринги, мозговой штурм, а также конкурсы, акции, викторины, дискуссии и круглые столы по проблемам уголовной и административной ответственности несовершеннолетних и т.д.

Основные формы работы: индивидуальная работа, работа в парах, групповая работа и др.

В ходе работы применялись различные приемы, например анализ проблемных ситуаций. При описании ситуаций использовались конкретные примеры из жизни несовершеннолетних, в которых можно было узнать собственное поведение или поступки сверстников. Подросткам было интересно анализировать и давать оценку подобным проблемным ситуациям, поскольку они основывались на их собственном жизненном опыте общения и поведения. Подросткам предлагались неоднозначные проблемные ситуации, требующие не только оценки на уровне «хорошо» или «плохо», но и анализа поступков с точки зрения социальных норм и понимания мотивов их совершения.

Программа предполагала реализацию комплекса занятий, каждое из которых имело четкую структуру:

– вводная часть, включающая создание рабочей атмосферы, разминку для снятия напряжения с помощью игр и упражнений;

– основная часть: вхождение в тему занятия с помощью ролевых игр, бесед, упражнений;

– итоговая часть: формулировка выводов, рефлексия.

Периодичность: 2 занятия в неделю.

Занятие 1. Тема: «Лепестки здоровья».

Цель занятия: формирование позитивного отношения подростков к здоровому образу жизни.

Занятие 2. Тема: «Наркотики – угроза здоровью».

Цель занятия: освоение представлений о последствиях употребления наркотиков и их негативном влиянии.

Занятие 3. Тема: «Наркомания – шаг в бездну».

Цель занятия: формирование умения находить пути решения в трудных жизненных ситуациях.

Занятие 4. Тема: «Наркотикам – СТОП! или 50 способов сказать “нет!”».

Цель занятия: формирование стойкого противодействия наркомании.

Практическое задание: изготовить памятку «Наркотики – это зло» с целью привлечения внимания и информирования воспитанников о проблеме наркомании.

Занятие 5. Тема: «Отрицательная мотивация».

Цель занятия: формирование у подростков активного и ответственного отношения к своей жизни и к окружающим людям; стойкого противодействия наркомании.

Занятие 6. Тема: «Правила общения подростка со сверстниками».

Цель занятия: развитие навыков конструктивного общения, эмпатии.

Занятие основывалось на сотрудничестве подростков с другими членами группы. Подросткам давалась информация о сущности конструктивного общения, самооценки, об их влиянии на поведение, привычки, образ жизни человека. Практическое задание заключалось, во-первых, в составлении подростками собственной характеристики как личности; во-вторых, в разработке правил конструктивного общения со сверстниками, а также в раскрытии их значения и применении в процессе общения. Подростки проявляли активность, заинтересованность, обращались с просьбой проиграть различные ситуации.

Занятие 7. Тема: «Научись говорить “НЕТ!”».

Цель занятия: формирование способности отстаивать собственное мнение, позицию, закрепление навыка отказа от употребления наркотиков; развитие умения противостоять внешнему социальному давлению, формирование навыков кон-

структивного разрешения конфликтных ситуаций.

В рамках занятия нами были предложены упражнения «Скажи – НЕТ!», «Не стань жертвой» и ситуационные игры «Шприц», «Рисунок», которые рассматривают типичные ситуации, в которых подросткам необходимо противодействовать оказываемому давлению, научиться решительно говорить «НЕТ», тем самым отказываясь от навязываемого рискованного поведения. Подростки в ходе занятия проявляли активность, заинтересованность, внимательность.

Занятие 8. Тема: «Личностные и межличностные проблемы подросткового возраста».

Цель занятия: формирование навыков межличностного взаимодействия, развитие коммуникативных навыков.

Занятие 9. Тема: «Я тебя понимаю».

Цель занятия: развитие навыков уверенного поведения и уверенности в себе, навыков принятия решений и ответственного поведения; формирование адекватной самооценки.

Занятие 10. Тема: «Эффективное взаимодействие».

Цель занятия: формирование умения противостоять внешнему социальному давлению, развитие навыков эффективного общения.

Занятие 11. Тема: «Оборот наркотиков».

Цель занятия: способствовать формированию у подростков представлений о целях незаконного оборота наркотиков, о последствиях их употребления.

Занятие 12. Тема: «Будущее без наркотиков».

Цель занятия: формирование позитивного образа собственного будущего, свободного от употребления наркотических веществ; формирование ценностного отношения к своему здоровью и поведенческих навыков, облегчающих следование здоровому образу жизни.

Занятие проводилось в форме решения кейс-задания и способствовало формированию навыков разрешения проблемных ситуаций, связанных с риском употребления наркотиков. Кейсы базировались на реальном фактическом материале и предполагали разбор конкретных ситуаций: 1) знакомый, находясь у тебя в гостях, собирает употребить наркотик; 2) одноклассник предлагает попробовать наркотик «за компанию»; 3) сосед просит передать какую-то вещь незнакомому тебе человеку, но не объясняет, что именно находится в «посылке» и т.д. [6].

Заключительная часть занятия проходила в виде выполнения различных упражнений. Например, упражнение «Кадры из жиз-

ни» проводилось с целью формирования представлений о будущем, развития умения предвидеть отдаленные последствия употребления наркотиков. Упражнение «Спорные утверждения» было направлено на закрепление и конкретизацию информации о последствиях употребления наркотиков для жизни и здоровья человека и т.д. [7].

После проведения серии занятий мы провели «круглый стол», в ходе которого подростки смогли выразить свое отношение к занятиям, обсудить ценность полученной информации, свои впечатления и ощущения.

По окончании формирующего эксперимента мы провели контрольный эксперимент с использованием тех же методов исследования.

В ходе реализации Программы мы использовали стандартизированные и интерактивные формы и методы работы: беседа, дискуссия, анализ проблемных ситуаций, анализ проблемных вопросов, анализ противоречивых высказываний, игровое моделирование и релаксационные упражнения, актуализация эмоционального опыта, ролевые игры и др. Все это способствовало формированию у подростков устойчивых установок на неприятие наркотических веществ, изменению отрицательных мотивационных установок, разрушению сложившихся у них наркотических стереотипов, формированию потребности в положительном поведении.

Заключение

На заключительном этапе Программы мы определяли эффективность социально-педагогической профилактики наркозависимости у подростков. Контрольный эксперимент позволил выявить 64% воспитанников с низким уровнем предрасположенности к употреблению наркотических веществ, количество несовершеннолетних со средним уровнем составило 36%. Показательно, что высокий уровень предрасположенности подростков к употреблению наркотических веществ не обнаружен.

Результаты проведения контрольного эксперимента и подведение итогов реализации Программы позволили нам считать опытно-экспериментальную работу по социально-педагогической профилактике наркозависимости у подростков успешной. Анализ полученных данных показал, что повысилась информированность подростков по основным наркологическим проблемам, увеличилось количество воспитанников, которые отрицательно относятся к наркоти-

кам и определяют наркоманию как опасное заболевание; отсутствовали подростки, которые считали бы, что употребление наркотиков – это личное дело каждого.

Значительно снизилось число подростков с пассивно-безразличным отношением к сверстникам, употребляющим наркотики. Все подростки считают, что даже однократный прием наркотиков является опасным и может вызвать наркотическую зависимость. Ответы подростков на вопрос о причинах и последствиях употребления наркотиков стали более полными, развернутыми и содержательными. Не было выявлено ни одного подростка, который бы затруднился ответить на этот вопрос.

По итогам проведенного исследования мы пришли к заключению об успешности опытно-экспериментальной работы с подростками, так как наблюдаемые изменения свидетельствуют о повышении информированности относительно необратимости разрушительного воздействия наркотических средств на все сферы жизнедеятельности человека, а также снижении числа воспитанников группы риска. Представленные результаты исследования могут использоваться специалистами социальной и образовательной сфер и применяться в их профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Дмитриевский Б.В. Медико-социальные аспекты распространенности среди подростков злоупотребления психоактивными веществами (факторы риска, организация профилактики, лечения и реабилитации): автореф. дис. ... канд. мед. наук. Рязань, 2007. 24 с.
2. Алпатова Н.С., Фокина А.С., Понькина И.В. Социкультурная реабилитация подростков группы риска // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 7. С. 105–109. DOI: 10.17513/snt.39241.
3. Ермакова Г.А. Комплексная профилактика употребления психоактивных веществ в общеобразовательных учреждениях: на примере Краснодара: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2013. 23 с.
4. Федеральный закон от 7 июня 2013 г. № 120-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам профилактики незаконного потребления наркотических средств и психотропных веществ» (с изменениями и дополнениями от 21 декабря 2021 г.). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70392680/> (дата обращения: 21.12.22).
5. Диагностический портфель для определения склонности к аддиктивному поведению / Под общ. ред. О.В. Иониной. Тула: ГУ ТО «Региональный центр «Развитие», 2019. 39 с.
6. Рябов М.П. Представления подростков о последствиях употребления наркотиков: автореф. дис. ... канд. психол. наук. Москва, 2017. 27 с.
7. Рябов М.П. Представления подростков о последствиях употребления наркотиков и профилактика наркомании в подростковом возрасте: монография. М.: ОнтонПринт, 2019. 110 с.

УДК 378.147.88

ДИАГНОСТИКА РАЗВИТИЯ РЕФЛЕКСИВНОГО КОМПОНЕНТА КОМПЕТЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Бирюкова И.П., Бакланов И.О.*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: ipbir95@mail.ru*

В статье описывается методика диагностики рефлексивного компонента исследовательских компетенций, формируемых в лабораторных практикумах по физике в технических вузах. Актуальность разработки данной методики обусловлена необходимостью создания на современном этапе реализации государственных образовательных стандартов высшего образования инструментария диагностики компонентов компетенций, формируемых средствами общеобразовательных дисциплин на начальной стадии обучения в высшей школе. Представлена модель рефлексивной деятельности обучающегося, осуществляемой на фоне проведения экспериментального исследования, включающая осмысливание целей, критериев качества, внутренних условий и средств исследования, допущенных ошибок, затруднений и их внутренних причин, формирующихся личностных новообразований, учебных достижений, приобретенного опыта и направлений дальнейшего саморазвития. Описывается разработанная на основе данной модели форма рефлексивного самоотчета. В результате экспериментального исследования выявлены статистически значимые прямые корреляционные связи показателя сформированности рефлексивного компонента компетенции в сфере экспериментальных исследований, определенного по разработанной диагностической методике, с показателями сформированности методологического компонента данной компетенции и его репродуктивной и творческой составляющих, что свидетельствует в пользу конструктивной валидности разработанной методики. Представленную методику рекомендуется применять в лабораторных практикумах по физике в целях текущей диагностики формирования рефлексивного компонента и прогнозирования успешности формирования методологического компонента исследовательских компетенций студентов инженерных направлений подготовки.

Ключевые слова: исследовательские компетенции, рефлексия, рефлексивный компонент компетенций, методологический компонент компетенций, лабораторный практикум

DIAGNOSTICS OF THE EXPERIMENTAL RESEARCH COMPETENCIES REFLECTIVE COMPONENT DEVELOPMENT

Biryukova I.P., Baklanov I.O.*Military Educational and Scientific Center of the Air Force
«N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, e-mail: ipbir95@mail.ru*

The paper describes the technique for diagnosing the reflection component of research competency formed in laboratory workshops in physics at technical universities. The relevance of the development of this technique is due to the need to create, at the present stage of the state educational standards implementation, tools for diagnosing components of competencies formed by means of general education disciplines at the initial stage of higher education. The model of students' reflexive activity during experimental research that includes thinking of the goals, quality criteria, internal conditions and means of the research, mistakes, difficulties and their internal causes, emerging new personality qualities, educational achievements, acquired experience and directions for further self-development is presented. The reflexive self-report form developed on the basis of this model is described. As a result of the experimental study, positive correlations between the indicator of the formation of the reflexive component of competence in the field of experimental research, evaluated with the developed diagnostic technique, and the indicators of the formation of the methodological component of this competence and its reproductive and creative components have been revealed. This result indicates in favor of the construct validity of the developed technique. The presented technique is recommended to be used in laboratory workshops in physics for the purpose of current diagnostics of the reflexive component formation and predicting the formation success of the methodological component of engineering students' research competencies.

Keywords: research competencies, reflection, reflexive component of competencies, methodological component of competencies, laboratory practice

Вследствие непосредственного влияния на качество образовательного процесса диагностика формирования у студентов компетенций представляет собой чрезвычайно важный аспект деятельности преподавателя любой учебной дисциплины в вузе. Поэтому при проектировании очередного цикла обучения перед преподавателем стоит задача отбора или разработки необходимых диагностических средств и последующей их адаптации к конкретным условиям

и контингенту обучающихся. Многие исследователи, работающие над проблемой формирования и оценивания компетенций в высшей школе, полагают, что рефлексия собственного процесса образования является условием и механизмом профессионального становления специалиста и развития его личности. Поэтому рефлексивные способности рассматриваются как важный компонент компетенций любой категории и, следовательно, служат объектом форми-

рования в вузе, а разработка адекватных, теоретически и экспериментально обоснованных методик диагностики рефлексивного компонента компетенций представляет собой актуальное в настоящее время направление педагогических исследований.

В связи с этим цель представленной в статье работы состояла в разработке методики диагностики рефлексивного компонента исследовательских компетенций, формируемых в лабораторном практикуме по физике в техническом вузе, и экспериментальном обосновании созданной методики посредством установления корреляции показателей развития рефлексивного и методологического компонентов указанных компетенций.

Материалы и методы исследования

Научно-методические публикации последних лет раскрывают необходимость формирования исследовательских компетенций у студентов вузов для становления успешных специалистов, способных к творческому решению профессиональных проблем. Например, С.А. Баркалов, Л.А. Мажарова обосновывают необходимость исследовательских компетенций у специалистов-практиков, которые в своей профессиональной деятельности должны решать задачи, связанные с внедрением новых технологий, оценкой коммерческих предложений и инвестиционных проектов, и для формирования данных компетенций рекомендуют мероприятия нормативного и административного характера [1]. О.О. Горшкова подчеркивает, что профессиональная деятельность современного инженера связана с постоянным усложнением структуры и увеличением количества связей объектов деятельности и носит исследовательский характер, включая проведение экспериментальных исследований на основе применения физико-математического аппарата, что требует формирования исследовательских компетенций у студентов технических вузов [2].

В современных федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования (ФГОС ВО) научно-исследовательская деятельность рассматривается как компонент будущей профессиональной деятельности обучающихся по инженерным направлениям подготовки, и исследовательские компетенции, в том числе компетенции в сфере экспериментальных исследований (ЭИК), представляются обязательными для формирования в процессе обучения в вузе. Например, в системе специалитета ФГОС ВО содержат компетенцию «Способен проводить экспериментальные ис-

следования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных» (ОПК-4 для специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы) [3] и похожие по содержанию компетенции. В системе бакалавриата задается компетенция «Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении» (ОПК-3 по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение) [4] или подобные компетенции.

Специфика научно-исследовательской деятельности заключается в том, что ее успешность зависит от качества сопутствующей рефлексии, в процессе которой критически осмысливаются цели исследования, применяемые методы и средства, полученные результаты и их следствия. В педагогике рефлексия рассматривается как внутреннее условие саморазвития обучающегося, детерминирующее формирование у него всех новообразований: знаний, умений, навыков, личностных качеств, индивидуальных способов деятельности, мотивов, интересов и т.д.

В связи с высокой значимостью рефлексии в процессе получения студентами высшего образования в настоящее время не прекращаются исследования ее влияния на профессиональное становление личности. Например, положение о том, что рефлексия является условием саморазвития и самосовершенствования профессионала, в своем исследовании теоретически и эмпирически обосновывают Е.Ю. Мазур и О.И. Каринцев [5]. Согласно результатам исследований А.О. Прохорова, А.В. Чернова, продуктивность познавательной деятельности студентов зависит от сформированности у них рефлексии и ее вовлеченности в образовательный процесс [6]. Т.М. Буюкас и В.А. Михеев считают рефлексией важнейшей регулятивной составляющей личности, которая позволяет человеку стать активным субъектом своего профессионального становления, и исследуют психотехнические средства, которые позволяют отрабатывать различные аспекты профессионализма на основе рефлексии [7].

Таким образом, склонность человека к рефлексии своего мышления и практической деятельности, развитые рефлексивные способности во многом обеспечивают освоение новых видов деятельности, формирование профессионального сознания, делают обучающегося субъектом своего образования и, следовательно, оказывают положи-

тельное влияние на формирование всех необходимых компетенций.

На начальном этапе формирования ЭИК в технических вузах широко используется лабораторный практикум по физике. Рефлексия учебного эксперимента при прохождении физического практикума относится к рефлексии научного исследования, хотя и в упрощенном виде. Следовательно, она должна иметь характеристики научной деятельности: продуцировать обоснованные суждения, осуществляться по законам логики, использовать операции анализа, синтеза, сравнения, обобщения и т.д. Поэтому необходимы входная и текущая диагностики способностей обучающихся к рефлексии в процессе выполнения лабораторных работ в целях составления прогноза успешности формирования у них других компонентов исследовательских компетенций, оперативного применения корректирующих педагогических воздействий и формирования внутренних мотивов к рефлексивной активности.

Для формирования и диагностики рефлексивных способностей широко используются различные методы организации коллективной рефлексивной деятельности обучающихся: обсуждение результатов выполненных проектов, решения кейсов, затруднений и ошибок в ходе совместной работы, рефлексивное подведение итогов занятий, рефлексивные игры. В целях организации процессов анализа познавательной деятельности и целеполагания применяются также графические приемы технологии развития критического мышления: кластер, денотатный граф, фишбон и др. При этом для оценивания рефлексивных способностей используются наблюдение, беседы, интервью, а также самооценивание и взаимное оценивание в письменной форме с применением таблиц, карт, листов рефлексии. В качестве критерия развития рефлексивных способностей рассматривается степень совпадения результатов самооценивания сформированности компетенций с экспертными оценками преподавателей.

Диагностические срезы уровня развития рефлексивного компонента в ходе мониторинга формирования компетенций в образовательных организациях проводятся преимущественно с применением психодиагностических методик: методики определения уровня рефлексивности А.В. Карпова и В.В. Пономаревой, дифференциального теста рефлексивности Д.А. Леонтьева и Е.Н. Осина, методики определения уровня выраженности и направленности рефлексии М. Гранта, теста самооценки Л.Д. Сто-

лярченко, рефлексивного теста-самоотчета «Кто Я» В.С. Мухиной и т.п. [8, 9].

Для становления профессионала особое значение имеют формирование и диагностика рефлексивных способностей обучающихся во время практик. При этом оцениваются способности к осмысливанию своей деятельности в ситуациях, приближенных к профессиональным. Например, А.В. Аленченкова для диагностики развития рефлексивной культуры слушателей, получающих дополнительное педагогическое образование, применяла наблюдение, беседы, опросы при анализе ими проблемных профессиональных ситуаций и видеосфрагментов собственных занятий [10]. При оценивании рефлексии в рамках практик часто применяется метод анкетирования. В частности, Ю.Г. Юдина, А.М. Белова, С.И. Дрейцер проводили анкетирование для определения уровня развития у бакалавров и магистров психолого-педагогического направления компонентов рефлексии: схематизации, объективизации, конструирования, креативности [11].

При оценивании рефлексивных способностей обучающихся в рамках отдельных учебных дисциплин применяются различные авторские приемы организации рефлексии в процессе решения задач. В исследовании А.Р. Садыковой при формировании рефлексивного мышления студентов во время изучения естественно-научных дисциплин в технических вузах использовались специальные диагностические задания, предполагающие в качестве основной деятельности обучающегося выяснение истинности и правомерности фактов, утверждений и умозаключений, в том числе задачи, в условиях которых содержатся преднамеренные ошибки в применении законов, теоретических моделей и т.п. [12]. М.А. Лопарева для формирования рефлексивных умений студентов при изучении физики и математики применяла последовательность вопросов преподавателя и задания, организующие решение мыслительных задач в ситуациях преодоления затруднений, выявления ошибок и заблуждений [13].

Однако анализ научно-методических публикаций позволяет сделать вывод, что в настоящее время недостаточно разработаны методики диагностики рефлексивного компонента ЭИК, которые были бы оптимальными для использования в рамках лабораторных практикумов, а также не выявлена структура соответствующих диагностических средств, нет обоснованных рекомендаций для их разработки.

Одной из важных задач, которые стоят перед обучающимися при прохождении лабораторного практикума, является приобретение знаний методологии экспериментальных исследований и опыта организации собственной деятельности на основе этих знаний. Формируемые при этом способности к проведению целостного экспериментального исследования и его этапов: постановке целей и задач, выдвижению гипотез для проверки и объяснения полученных результатов, использованию готовых и разработке новых методик эксперимента, их теоретическому обоснованию, подбору материалов и измерительного оборудования, использованию, модификации имеющихся или созданию новых лабораторных установок, обработке, анализу и интерпретации результатов – представляют собой важные составляющие исследовательских компетенций будущих инженеров. В рамках нашего исследования мы будем рассматривать их как методологический компонент ЭИК, формирование которого осуществляется в лабораторном практикуме по физике. Учитывая, что рефлексия обеспечивает освоение новых видов деятельности и формирование соответствующих личностных качеств, знаний и умений, можно предположить наличие связи между рефлексивным и методологическим компонентами ЭИК.

Для оценивания уровня сформированности методологического компонента в нашем исследовании использовались задания репродуктивного и продуктивного уровней. Набор репродуктивных заданий был нацелен на оценивание методологических умений обучающихся по следующим показателям: формулирование цели уже проведенного эксперимента и обоснование ее достижения на основе четко заданных критериев, указание теоретических положений, на основе которых выдвигалась проверяемая в эксперименте гипотеза, обоснование целесообразности и правильности выполнения отдельных действий в ходе эксперимента, обоснование необходимости использования предлагаемых измерительных приборов, обработка и интерпретация представленных результатов измерений.

В процессе диагностики методологического компонента также оценивались способности к интеллектуальной инициативе, проявляющиеся в постановке дополнительных экспериментов с использованием имеющегося лабораторного оборудования, повышении сложности и объема исследования, готовности выполнять необязательные задания. Соответствующие задания продуктивного уровня предполагали постановку

нового эксперимента с помощью знакомой по предыдущим лабораторным работам установки. Требовалось разработать методику эксперимента и сформулировать цель, гипотезу, получить расчетные формулы, описать возможные изменения лабораторной установки, указать дополнительные измерительные приборы или исследуемые материалы, начертить таблицу для записи результатов измерений.

Каждое репродуктивное задание и каждый пункт выполнения продуктивного задания оценивались двумя баллами за полный правильный ответ, одним баллом – за неполный правильный ответ, нулем баллов – если ответ неправильный или нет ответа. Суммарный балл за репродуктивные задания и пункты выполнения продуктивного задания рассматривался как количественный показатель уровня развития методологического компонента.

В исследовании, которое проводилось в рамках лабораторного практикума по физике, приняли участие 96 курсантов первого курса ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». Для выявления связи между показателями сформированности рефлексивного и методологического компонентов ЭИК применялся критерий ранговой корреляции Спирмена.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе представлений о рефлексии как механизме освоения, самостоятельного регулирования и совершенствования деятельности, а также самопознания, самоопределения и саморазвития личности нами разработана модель рефлексивной деятельности обучающегося, осуществляемой на фоне выполнения экспериментов в физическом практикуме. Эта деятельность направлена на осмысление собственных способов практических и умственных действий, их назначения, внутренних и внешних условий, используемых средств и полученных результатов, а также включает анализ приобретенного опыта, личностных изменений и перспектив саморазвития. Однако в данной модели не учитывается рефлексия коммуникации и кооперации с другими людьми.

Таким образом, в целях диагностики мы выделили следующее содержание рефлексивной деятельности обучающегося:

– осознание критериев достижения цели выполняемого экспериментального исследования, обоснование правильности полученных результатов или необходимости

корректировочных действий, выяснение причин несоответствия полученных результатов ожидаемым;

- установление целесообразности своих действий во время эксперимента, осознание имеющихся средств для их выполнения, критериев эффективности, определение успешных действий и выявление их внутренних условий (знаний, навыков, личностных качеств и т.п.);

- выявление личностных новообразований, появившихся в результате выполнения лабораторной работы: приращений предметных и методологических знаний, сформированных умений выполнять различные этапы экспериментального исследования, усовершенствованных способов действий, освоенных эвристических приемов и т.п.;

- фиксирование допущенных ошибок, анализ их причин, способов обнаружения и исправления;

- выявление внутренних причин возникших затруднений, например недостатка необходимых навыков, недостатка знаний методологии экспериментальных исследований или положений физических теорий, относящихся к выполняемому эксперименту;

- определение знаний и умений, которые необходимо приобрести для успешного выполнения следующих лабораторных работ, планирование своей самостоятельной познавательной деятельности;

- осознание своих интересов, мотивов, ценностей, имеющих отношение к проведенному исследованию;

- анализ приобретенного опыта на предмет его полезности для дальнейшего обучения и будущей профессиональной деятельности;

- оценка качества проделанного эксперимента на основе осознанных критериев, обоснование сделанных выводов, осознание уровня своей компетентности в выполнении экспериментальных исследований.

Исходя из существующих на данный момент условий преподавания естественно-научных дисциплин в технических вузах, в качестве функционального и реализуемого диагностического средства, применение которого не нарушало бы ход лабораторных работ, мы предлагаем форму рефлексивного самоотчета, которая заполняется обучающимся в процессе выполнения экспериментального исследования и на стадии анализа его результатов. Данная форма представляет собой лист рефлексии, содержащий десять заданий, имеющих вид незаконченных предложений, которые необходимо дополнить, подвергая рефлексивному анализу свои практические и умственные

действия во время выполнения лабораторной работы, а также оценивая качество проведенного исследования и осмысливая приобретенный опыт. В заданиях отражены представленные элементы содержания рефлексивной деятельности. Сумма баллов за ответы на задания представляет собой количественный показатель уровня сформированности рефлексивного компонента ЭИК. Шкала оценивания имеет диапазон значений от нуля до сорока баллов. Пример бланка листа рефлексии приведен в [14]. Там же описываются критерии выставления баллов за выполнение каждого задания.

По результатам эксперимента обнаружены статистически значимые ($p < 0,001$) прямые корреляционные связи между показателем сформированности рефлексивного компонента ЭИК, который был измерен по разработанной диагностической методике, и показателем сформированности методологического компонента данной компетенции (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r = 0,54$), а также между показателем сформированности рефлексивного компонента ЭИК и показателем сформированности репродуктивной составляющей (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r = 0,49$), показателем сформированности творческой составляющей (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r = 0,40$) методологического компонента ЭИК. Следовательно, можно сделать вывод об экспериментальном подтверждении конструктивной валидности разработанной диагностической методики посредством выявления теоретически предсказываемой связи между уровнем развития рефлексии и уровнем владения методологическим аппаратом экспериментального исследования.

Заключение

Таким образом, разработанная методика дает возможность осуществлять диагностику рефлексивного компонента компетенций в сфере экспериментальных исследований согласно модели рефлексивной деятельности обучающегося во время выполнения лабораторных работ, включающей осмысливание целей, критериев качества, внутренних условий и средств осуществления экспериментальных исследований, формирующихся личностных новообразований, достижений, приобретенного опыта и направлений дальнейшего саморазвития. Выявлены статистически значимые прямые связи показателя сформированности рефлексивного компонента ЭИК, измеренного по разработанной диагностической методике, с показателями сформированно-

сти методологического компонента данной компетенции и его репродуктивной и творческой составляющих, что подтверждает конструктивную валидность разработанной методики.

Рассмотренную диагностическую методику рекомендуется использовать в рамках лабораторных практикумов по физике с целью повышения эффективности формирования исследовательских компетенций у студентов младших курсов технических вузов.

Список литературы

1. Баркалов С.А., Мажарова Л.А. К проблеме развития исследовательских компетенций в рамках современного образовательного процесса // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2019. № 1. С. 495–496.
2. Горшкова О.О. Формирование исследовательской компетенции студентов в контексте задач профессиональной деятельности инженера // Высшее образование сегодня. 2018. № 5. С. 15–19.
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 9 февраля 2018 г. N 94 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 11.05.01 Радиотехнические системы и комплексы» (с изменениями и дополнениями) Редакция с изменениями N 1456 от 26.11.2020. [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOSVO3++/Spec/110501_C_3_18062021.pdf (дата обращения 08.12.2022).
4. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. N 945 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение» (с изменениями и дополнениями). Редакция с изменениями N 1456 от 26.11.2020. [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOSVO3++/Bak/120301_B_3_15062021.pdf (дата обращения 08.12.2022).
5. Мазур Е.Ю., Каринцев О.И. Рефлексия как условие самосовершенствования профессионала // Психология XXI века: вызовы, поиски, векторы развития: материалы Всероссийского симпозиума психологов с международным участием (Рязань, 09–10 апреля 2020 г.). Рязань: Издательство Академии права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, 2020. С. 824–838.
6. Прохоров А.О., Чернов А.В. Рефлексия и психические состояния при разных формах учебной деятельности студентов // Психологический журнал. 2016. Т. 37. № 6. С. 47–56.
7. Брякас Т.М., Михеев В.А. Системная рефлексия и ее психотехническое обеспечение в процессе профессионального становления // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2017. № 1. С. 105–120.
8. Троянская А.И. Характеристика инструментального стиля рефлексии студентов технического направления подготовки // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. 2019. Т. 8. № 4А. С. 209–215.
9. Прохоров А.О., Чернов А.В. Динамика познавательных состояний студентов с разным уровнем и направленностью рефлексии // Сибирский психологический журнал. 2019. № 74. С. 110–125.
10. Аленченкова А.В. Развитие рефлексивной культуры слушателей в процессе дополнительного профессионального образования: дис. ...канд. пед. наук. Курск, 2016. 193 с.
11. Юдина Ю.Г., Белова А.М., Дрейцер С.И. Развитие рефлексии как механизма профессионального самоопределения студентов в рамках практики // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2020. № 1 (51). С. 130–140.
12. Садыкова А.Р. Формирование рефлексивного мышления у студентов в процессе изучения естественнонаучных дисциплин в технических вузах. автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2005. 28 с.
13. Лопарева М.А. Формирование рефлексивных умений студента в учебно-познавательной деятельности. автореф. дис. ... канд. пед. наук. Оренбург, 2009. 25 с.
14. Бирюкова И.П., Бакланов И.О. Диагностика рефлексивного компонента исследовательских компетенций // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 7. С. 85–91.

УДК 378.14

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КОНСТРУКТ ПОСТРОЕНИЯ ЦЕННОСТНОГО РЯДА ОБЪЕКТОВ ОПЫТА ЭМОЦИОНАЛЬНО-ЦЕННОСТНОГО ОТНОШЕНИЯ СТУДЕНТОВ К ОКРУЖАЮЩЕЙ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ

Васина О.Н.*ФГАОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: onvasina@yandex.ru*

Рассмотрена логика конструирования ценностного ряда объектов опыта эмоционально-ценностного отношения (ЭЦО), который автор предлагает рассматривать как: а) единство ценностного отношения к объектам и явлениям окружающего мира и эмоционального опыта; б) компонент социального опыта, в соответствии с культурологической теорией отбора содержания образования. Указано, что грамотно сконструированный опыт ЭЦО в рамках образовательного процесса высшей школы позволит минимизировать опасность негативного обогащения опыта ЭЦО студентов новыми смыслами, ценностями, идеями. Конструировать ценностный ряд объектов опыта ЭЦО предлагается с позиций объединения теоретических положений гуманистического подхода и теории универсального эволюционизма Н.Н. Моисеева, с учетом смещения акцентов с индивидуальных интересов и потребностей обучающихся на формирование взаимоотношений человека с природой и миром. Обоснована логика конструирования ценностного ряда объектов опыта ЭЦО от ценности природы («универсальной» ценности) к осознанию ценности жизни человека («абсолютной» ценности) и к ценности общества («общественно значимой» ценности). Охарактеризованы ценности конструируемой логической цепочки: «Природа – Сам человек – Здоровье – Труд /Профессия/ – Другие люди – Родной край – Отечество – Мир в целом». Такая конструкция ценностного ряда объектов опыта ЭЦО неизбежно приводит к признанию значимости интересов природы, самого человека и окружающих людей и полностью охватывает традиционные ценности России.

Ключевые слова: профессиональное образование, опыт эмоционально-ценностного отношения, традиционные ценности, культурологический подход, гуманистический подход, теория универсального эволюционизма

THE THEORETICAL CONSTRUCT OF CONSTRUCTING A VALUE SERIES OF OBJECTS OF EXPERIENCE OF STUDENTS' EMOTIONAL AND VALUE ATTITUDE TO THE SURROUNDING REALITY

Vasina O.N.*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Penza State University,
Penza, e-mail: onvasina@yandex.ru*

The logic of constructing a value series of objects of experience of an emotional-value relationship is considered, which the author proposes to consider as: a) the unity of value attitude to objects and phenomena of the surrounding world and emotional experience; b) a component of social experience, in accordance with the cultural theory of selection of the content of education. It is indicated that a competently constructed experience of emotional-value relations within the framework of the educational process of higher education will minimize the danger of negative enrichment of students' ESO experience with new meanings, values, ideas. It is proposed to construct a value series of objects of experience of emotional-value relations from the standpoint of combining the theoretical provisions of the humanistic approach and the theory of universal evolutionism by N.N. Moiseev, taking into account the shift of emphasis from individual interests and needs of students to the formation of human relationships with nature and the world. The logic of constructing a value series of objects of experience of an emotional-value relationship from the value of nature («universal» value) to the awareness of the value of human life («absolute» value) and to the value of society («socially significant» value) is substantiated. Such a construction of a value series of objects of experience of an emotional-value relationship inevitably leads to the recognition of the importance of the interests of nature, the person himself and the people around him and fully embraces the traditional values of Russia.

Keywords: professional education, emotional value experience, traditional values, cultural approach, humanistic approach, the theory of universal evolutionism

Вопросы, связанные с человеческими ценностями, сегодня отнесены к числу приоритетных для педагогической науки. В соответствии с действующими ФГОС ВО с 2021 года реализуется программа воспитания в образовательной организации высшего образования, концептуально-ценностные основания и принципы которой учитывают роль ценностей, проявляющихся в «мировоззрении через систему ценностно-смысловых ориентиров и установок, принципов

и идеалов, взглядов и убеждений, отношений и критериев оценки окружающего мира, что в совокупности образует нормативно-регулятивный механизм их жизнедеятельности и профессиональной деятельности» [1, с. 8]. Ценности: а) выступают интегративной основой ценностных отношений; б) определяют направление деятельности; в) регулируют поведение отдельно взятого человека, малой или большой социальной группы, нации, человечества в целом. Об-

учающиеся, с одной стороны, являются носителями и продолжателями ценностей тех социальных групп, в которых происходит накопление их социального опыта, с другой – они являются создателями настоящих и будущих ценностей.

Однако сами по себе ценности, как бы объективно ни было их выделение, не являются фактором развития личности, их «превращение» в личностный фактор возможно через развитие ценностных ориентаций и убеждений, что расширяет имеющийся опыт ЭЦО студентов к окружающей действительности, определяющий модели поведения [2].

Задача состоит в том, чтобы направить формирование эмоционального опыта обучающихся на значимые ценности для конкретного социума. Единство ценностного отношения к объектам и явлениям окружающего мира, богатство и интенсивность эмоций мы объединяем в понятие «опыт эмоционально-ценностного отношения» (ЭЦО). Опыт ЭЦО является компонентом социального опыта, согласно культурологической теории отбора содержания образования (И.Я. Лернер, В.В. Краевский) [3]. Полагаем, что важнейшей задачей для современного развития образовательной системы России является грамотно сконструированный опыт ЭЦО, позволяющий минимизировать опасность негативного обогащения опыта ЭЦО студентов новыми смыслами, ценностями, идеями.

Сегодня содержание и классификация ценностей как объектов ценностного отношения является предметом острых дискуссий, а сложившийся разброс мнений не позволяет взять набор ценностей, предложенный каким-либо автором. Мы предприняли попытку построения ценностного ряда объектов эмоционально-ценностного отношения (ЭЦО) с позиций интеграции теоретических положений гуманистического подхода и теории универсального эволюционизма Н.Н. Моисеева.

Цель исследования – обосновать логику конструирования ценностного ряда объектов опыта эмоционально-ценностного отношения в рамках образовательного процесса высшей школы: от ценности природы («универсальной» ценности) к осознанию ценности жизни человека («абсолютной» ценности) и к ценности общества («общественно значимой» ценности).

Материалы и методы исследования

Исследование выполнено с учётом теоретических методов (содержательный и сравнительный анализ педагогической, психологической, методической литерату-

ры, нормативно-правовой документации). Методологическая основа исследования – идеи и положения в области культурологической теории содержания образования (И.Я. Лернер, В.В. Краевский, М.Н. Скаткин) [3]. Теоретическая база представляемого исследования – положения гуманистического подхода (в том числе субъект-субъектная психологическая модель взаимодействия А.А. Бодалева) [4-6] и положения теории универсального эволюционизма Н.Н. Моисеева [6; 7].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно гуманистическим положениям в мире нет ничего, кроме природы и человека, который является высшим продуктом развития природы. То есть гуманизм рассматривает человека на вершине пирамиды природы, что предполагает момент противопоставления человека и природы, при котором приоритет имеют, в первую очередь, интересы человека. Подобные противопоставления просматриваются также между человеком и обществом. Интересы человека становятся важнее интересов его социального окружения. Это определяет ситуацию, когда личные потребности являются ведущим основанием нравственного выбора, даже более значимыми, чем сложившиеся в обществе моральные установки [8]. Поэтому мы придерживаемся положения, согласно которому гуманизм рассматривают с позиций смещения акцентов с индивидуальных интересов и потребностей обучающихся на формирование взаимоотношений человека с миром, которые определяют «как влияние мира на человека, так и влияние человека на мир» [4, с. 12]. Формирование общности в системе «природа – человек – общество» неизбежно приводит к признанию значимости интересов природы, самого человека и окружающих людей. Такой подход позволит проявить заботу и «не разрушить» ценности, усвоение которых необходимо для жизни настоящего и будущих поколений. Вместе с тем построение ценностного ряда объектов опыта ЭЦО опирается на:

– принцип ценностного фундаментализма, означающий наличие в мире ценностей определённого «фундамента» или «ценностного ядра» (приоритетные ценности или ценностные доминанты);

– принцип базисности, означающий существование базисных ценностей, которые конкретизируют ценности фундаментальные и раскрывают их через еще более частные ценности: морально-нравственные, эстетические, этнические и др.;

– принцип щадящей коррекции, направленный на максимальное облегчение процессов переоценки ценностей, поскольку любое изменение ценности всегда затруднительно; важно не противопоставлять новые и имеющиеся ценности, а встраивать актуально значимые ценности в уже существующую систему [9; 10].

Данные положения мы рассматриваем в качестве основы установления своеобразного «ценностного фундамента», объединяющего такие приоритетные ценности, как «Природа», «Человек», «Общество». Именно эти ценности необходимы для реализации в настоящем и будущем любых других. Отсюда ценностный ряд объектов ЭЦО предлагаем строить, исходя из ценности «Природы» к ценности «Человека» и ценности «Общества». Каждая из этих ценностных доминант конкретизирована через ряд базисных ценностей. При этом перед нами стоит задача не «упустить» систему традиционных российских духовно-нравственных ценностей [11].

Так, *ценность «Природа»* конкретизирована базисными ценностями, к которым относят объекты и явления окружающего мира. Запечатленность потребностей человека в тех или иных объектах и явлениях природы является основой ценностного отношения к ней. При этом одни объекты и явления окружающего мира не имеют личной значимости для человека, другие, напротив, стимулируют проявление ценностного отношения и являются его объектами.

Ценность «Человек» конкретизирована такими базисными и традиционными ценностями России, как:

- ценность самого человека как личности – «Достоинство»;
- ценность здоровья – «Жизнь»;
- ценность деятельности (интегрирует в себе отношение ко всем видам деятельности, в том числе профессиональной) – «Созидательный труд».

Отсюда объектами ЭЦО являются сам человек, здоровье, труд/профессия.

Ценность «Общество» конкретизирована такими базисными и традиционными ценностями России, как:

- ценность других людей – «Крепкая семья», «Гуманизм», «Милосердие», «Справедливость», «Коллективизм», «Взаимопомощь», «Взаимоуважение»;
- ценность родного края – «Историческая память», «Преемственность поколений»;
- ценность Отечества – «Права и свободы человека», «Патриотизм», «Гражданственность», «Служение Отечеству и ответственность за его судьбу», «Единство народов России»;

– ценность Мира в целом – «Приоритет духовного над материальным», «Высокие нравственные идеалы».

Подчеркнем, что ценности логического ряда «Природа – Сам человек – Здоровье – Труд /Профессия/ – Другие люди – Родной край – Отечество – Мир в целом» взаимосвязаны и не могут быть полностью отделены друг от друга [2]. Рассматривая какую-либо одну ценность, как объект опыта ЭЦО, мы учитываем другие.

Ценность «Природа» является «универсальной» ценностью, значение которой для людей достаточно многогранно (социально-экономическое, научное, воспитательное, эстетическое и т.д.). Известно, что имеющийся опыт ЭЦО человека к природе является основным источником формирования опыта ЭЦО личности к другим объектам и явлениям окружающего мира [4; 7]. Вместе с тем специфика природы как ценности обусловлена особенностями взаимодействия с природными объектами, которые часто воспринимаются субъектно (домашние питомцы отделены от восприятия окружающей природной среды). Накладывает отпечаток и биосоциальная природа человека. С одной стороны, он часть природы, с другой – вынужден противостоять ей, осваивая природные ресурсы, преобразуя природную среду в своих целях. Но даже в этом случае со стороны человека необходимо внимание и охрана природы, реализация ее «права» на самостоятельное существование. Все это приводит к осмыслению уникальности и самоценности природы.

Ценность «Человек» является «абсолютной» ценностью, которая конкретизирована ценностью самого человека как личности, ценностью его здоровья, ценностью деятельности. Эти ценности являются объектами опыта ЭЦО к «Себе самому», «Здоровью», «Труду/Профессии».

Опыт ЭЦО к себе самому. Отношение к себе рассматривают через понятие «самоотношение» и связывают с категориями «самоуважение» (связано с реальными достоинствами или недостатками), «самопринятие» (принятие себя таким, каков ты есть, даже с недостатками), «самоинтерес» (интерес к собственным мыслям и чувствам, уверенность в своей интересности для окружающих), «самоуверенность» (вера в свои силы, способности, самостоятельность, возможности), «достоинство» и пр., которые тесно связаны с поиском своего нравственного идеала, определением жизненного призвания, выбором профессии, созданием семьи. В основе отношения к себе самому лежит относительно устойчивая и осознанная система имеющихся представлений личности

о самой себе, которая закрепляется в соответствующую самооценку (активность, направленная на осознание своих действий и личностных качеств) и включается в систему саморазвития и регуляции поведения в форме саморегулирования.

Опыт ЭЦО к здоровью. В настоящее время отношение к здоровью связывают с принятием ценности «жизнь», входящей в перечень традиционных ценностей России, и ценности здоровья как ресурса для достижения других жизненных благ. Эти ценности занимают ведущие позиции в иерархии ценностей различных групп населения [8].

Опыт ЭЦО к труду/ профессии. Доминирующими составляющими отношений человека к деятельности в целом являются мотивация, созидательный труд и профессиональная самореализация, которые проявляются в ответственности, трудолюбии, стремлении к творчеству, созидании нового, инициативности и пр. Ценность имеет внутренние взаимосвязи с такими ценностями, как человек и его здоровье, другие люди, Отечество.

Ценность «Общество» конкретизирована базисными ценностями, связанными с взаимодействием людей определенной семьи, коллектива, ценностью восприятия себя важным звеном в «исторической цепочке» развития отдельного народа, ценностью восприятия себя принадлежащим к разнообразной и противоречивой культуре человечества в целом. Эти ценности являются объектами опыта ЭЦО к «другим людям», «родному краю», «Отечеству», «Миру в целом» и гармонично дополняются традиционными ценностями России. Ценность «Общество» является «социально значимой» ценностью, определяющей уровень нравственности молодежи, возможность изменения ее ценностных ориентаций, становления гражданского сознания и развития патриотических чувств. Однако до сих пор отсутствует четкий алгоритм усвоения и присвоения ценности «Общество». Мы связываем это в том числе с ярко выраженным дуализмом ценности. С одной стороны, она конкретизирована ценностью родных людей, языка, родной земли, мест, где человек рос, общался с людьми, переживал различные события, а с другой – ценность этнически отдаленных людей, их земель, традиций, языка [12]. Важно, чтобы в качестве аксиологических приоритетов одновременно выступали ценности другого человека, уважение его достоинства и прав, а также ценность своего Отечества и страны, гражданами которой являются другие люди.

Опыт ЭЦО к другим людям. Начальной структурной единицей общества, закла-

дывающей основы личности, где начинает накапливаться и проявляться опыт ЭЦО к другим людям, является семья. Не менее важным оказывается близкое окружение человека (близкие люди): родственники, друзья, школьные, студенческие, профессиональные коллективы и др. Человек проявляет уважение к старшим, сочувствие к слабым, больным, старым людям, сильную заботу о младших членах семьи, стремление им помочь, доброжелательность и бескорыстие. В настоящее время ценность «другие люди» не является приоритетной для молодежи [8; 13].

Опыт ЭЦО к родному краю объединяет отношение к природе родного края, к его истории, к родному языку, ценности которых в национальном наследии, национальном разнообразии, опыте предков, их мудрости и ошибках (иногда достаточно грубых). Ценность «родной край», связана с такими категориями, как «добродота», «справедливость», «честность», «трудолюбие», «ответственность». Известно, что полученные в детстве яркие впечатления от природы и истории родного края навсегда остаются в памяти человека. Вместе с тем свое отношение к Отечеству каждый человек связывает с теми местами, где он родился и вырос. Отсюда, как бы удивительна ни была природа и история других мест, лучше родного края быть не может.

Опыт ЭЦО к Отечеству является основой принадлежности к гражданскому обществу как к определенной культуре. Ценность «Отечество» проявляется в действиях, при выполнении которых человек учитывает не только личностный опыт, но и общественный, поэтому они имеют нравственную направленность (достоинство, честь, совесть, закон, свобода и др.) и могут быть регулируемы извне посредством воспитания. Следует помнить, что из базы нравственных ценностей человек «берёт» только те, которые являются существенными для него самого и его референтной группы (личность ориентируется на значимое для неё «большинство»). Высшей формой проявления опыта ЭЦО к Отечеству являются чувства патриотизма и гражданственности. Общепризнанная логика порождения этих чувств «от малого к большому» прослеживается от осознания принадлежности к семье и родному краю (малой родине) как носителям культурной традиции к Отечеству. Отсюда фундаментом формирования чувства патриотизма и гражданственности является опыт ЭЦО к природе, другим людям, к родному языку, труду, профессии, Отечеству и его истории, Миру в целом [6; 14].

Опыт ЭЦО к Миру в целом определяет возможность существования человечества с учетом разнообразия культур и этносов. Сформированный опыт ЭЦО к Миру в целом является основой формирования и развития межнациональных и межэтнических отношений между людьми, народами и государствами. Усвоение ценности «Мир в целом» находится в прямой зависимости от меры ответственности человека, его социальной ориентированности и нравственности и связано с усвоением ценностей «природа», «сам человек» «труд/ профессия», которые способны объединить народы, принадлежащие к разным цивилизациям, имеющие разные представления о мире.

Заключение

Мы придерживаемся логики конструирования опыта эмоционально-ценностного отношения в рамках образовательного процесса от природы («универсальной» ценности) к осознанию ценности жизни человека («абсолютной» ценности) и к обществу (общественно значимой ценности), как к определенной культуре через принадлежность к семье, малой родине, Отечеству и миру в целом. Отсюда ценностный ряд может быть конструируем в логической цепочке: «Природа – Сам человек – Здоровье – Труд /Профессия/ – Другие люди – Родной край – Отечество – Мир в целом». Такая конструкция ценностного ряда неизбежно приводит к признанию значимости интересов природы, самого человека и окружающих людей и полностью охватывает традиционные ценности России. Опыт ЭЦО, сконструированный в данной логике, следует вводить через насыщение изучаемого материала ценностно-значимым смыслом. При этом будут активизированы эмоции и чувства, на фоне которых личность принимает и усваивает ценности.

Список литературы

1. Примерная рабочая программа воспитания в образовательной организации высшего образования. [Электронный ресурс]. URL: <https://minobramauki.gov.ru/upload/2021/04/> (дата обращения: 12.11.2022).
2. Васина О.Н., Пономарёва О.Н. Конструирование содержания образования по ведущему компоненту социального опыта // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32027> (дата обращения: 29.12.2022).
3. Теоретические основы содержания общего среднего образования / под ред. В.В. Краевского, И.Я. Лернера. М.: Педагогика, 1983. 352 с.
4. Глазачев С.Н. Принципы гуманизации и экологизации в современном образовании // Вестник экологического образования в России. 2011. № 3. С. 11–13.
5. Пономарева Е.Ю. Психологические аспекты субъект-субъектного педагогического взаимодействия // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 64-2. С. 299-301.
6. Васина О.Н. Методология исследования проблемы преобразования опыта эмоционально-ценностного отношения в профессиональном образовании // Бизнес. Образование. Право. 2022. № 3(60). С. 297-301. DOI 10.25683/VOLBI.2022.60.307.
7. Степанов С.А. В.И. Вернадский и Н.Н. Моисеев: теория универсального эволюционизма // Вестник Московской государственной академии делового администрирования. Серия: Философские, социальные и естественные науки. 2013. № 2-3(21-23). С. 141-151.
8. Трансформация социокультурных ценностей населения: социологический анализ: коллективная монография / под ред. И.В. Шиндряевой. Волгоград: Изд-во Волгоградского института управления – филиала РАНХиГС, 2019. 140 с.
9. Розов Н.С. Устойчивое развитие и ценностное сознание. Новосибирск: изд-во ИФиПр СО РАН, 1994. 32 с.
10. Васина О.Н. Формирование эмоционально-ценностного отношения к природе у учащихся общеобразовательной школы через традиции народной экологии: дис. ... канд. пед. наук: 13. 00. 01: Пенза, 2004. 196 с.
11. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей». [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211090019> (дата обращения: 18.12.2022).
12. Салахова Р.И. Актуализация формирования у молодежи ценностного отношения к Родине // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. С. 208-214.
13. Бражникова А.Н. Отношение к другим людям как показатель нравственности современных студентов // Вестник МГЭИ. 2021. № 2. С. 145-158. DOI 10.37691/2619-0265-2021-0-2-145-158.
14. Цаплюк А.И., Ахмедкадиев Т.М., Пономарёва О.Н., Васина О.Н. Формирование опыта эмоционально-ценностного отношения к отечеству: из опыта работы // Драгомировские образовательные чтения: сборник научных статей по материалам III Международной научно-практической конференции / Отв. редактор И.И. Грачёв. Пенза, 2020. С. 176-183.

УДК 378.1

ЭТИЧЕСКИЙ КОДЕКС ПЕДАГОГА В КОНТЕКСТЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

¹Воскрекасенко О.А., ²Сергеева С.В., ³Варникова О.В.

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза,
e-mail: voskr99@rambler.ru;

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
Пенза, e-mail: sergeeva@pgta.ru;

³Пензенский артиллерийский инженерный институт (филиал)
ФГКВУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулёва», Пенза, e-mail: wolga0106@gmail.com

В статье обосновывается необходимость овладения будущими учителями в процессе профессиональной подготовки в высшей школе морально-нравственными нормами профессионально-педагогической деятельности посредством знакомства с этическим кодексом педагога. Осуществлен анализ научной психолого-педагогической литературы по проблеме разработки и внедрения этического кодекса педагога в контексте профессиональной подготовки обучающихся в высшей школе. Сделан вывод о том, что данный аспект проблемы на сегодняшний день не стал предметом самостоятельного педагогического исследования, однако обращение к истории вопроса указывает на очевидную состоятельность сложившихся предпосылок для ее решения. Представлены результаты опроса обучающихся – будущих учителей на тему: «Нужен ли педагогическому сообществу этический кодекс педагога?», свидетельствующие о том, что подавляющее большинство из них (81%) осознают как значимость соблюдения педагогом профессиональной этики, так и необходимость этического кодекса педагога для всех субъектов образовательных отношений. Перечисляются выявленные в ходе опроса будущих учителей опасения о возможных негативных последствиях данного документа. Формулируется идея о необходимости разработки параллельно с этическим кодексом реального механизма защиты педагогов в виде ФЗ «О статусе педагога Российской Федерации».

Ключевые слова: педагоги, этический кодекс педагога, высшая школа, профессиональная подготовка, обучающиеся, будущие учителя, направление подготовки, педагогическое образование

ETHICAL CODE OF TEACHER IN THE CONTEXT OF PROFESSIONAL TRAINING OF STUDENTS IN HIGHER SCHOOL

¹Voskreskasenko O.A., ²Sergeeva S.V., ³Varnikova O.V.

¹Penza State University, Penza, e-mail: voskr99@rambler.ru, anyakireeva@gmail.com;

²Penza State Technological University, Penza, e-mail: sergeeva@pgta.ru;

³Penza Artillery Engineering Institute (branch) of the Military Academy of Logistics
named after General of the Army A.V. Khruleva, Penza, e-mail: wolga0106@gmail.com

The article substantiates the need for future teachers to master the moral and ethical standards of professional and pedagogical activity in the process of professional training in higher education through acquaintance with the ethical code of the teacher. The analysis of scientific psychological and pedagogical literature on the problem of development and implementation of the ethical code of the teacher in the context of professional training of students in higher education has been carried out. It is concluded that this aspect of the problem has not become the subject of independent pedagogical research today, however, an appeal to the history of the issue indicates the obvious viability of the existing prerequisites for its solution. The results of a survey of students – future teachers on the topic: “Does the pedagogical community need a teacher’s code of ethics?” are presented, indicating that the vast majority of them (81%) are aware of the importance of both the observance of professional ethics by a teacher and the need for a teacher’s code of ethics for all subjects of educational relations. The concerns identified during the survey of future teachers about the possible negative consequences of this document are listed. The idea is formulated about the need to develop, in parallel with the code of ethics, a real mechanism for protecting teachers in the form of the Federal Law «On the status of a teacher in the Russian Federation».

Keywords: code of ethics, teachers, professional training, higher school, educational process, students, area of training, teacher education

В условиях возрастания требований общества к качеству профессионально-педагогической деятельности школьного учителя, его личностно-профессиональным свойствам и компетентности в области построения продуктивного взаимодействия с субъектами образовательного процесса актуализируется социальный запрос к выс-

шей школе на подготовку обучающихся – будущих учителей, способных к интериоризации норм морали и профессиональной этики и их трансляции в последующей профессиональной деятельности.

В силу специфики современного поколения молодежи, к которой относятся и обучающиеся высшей школы, осваивающие

педагогическую профессию, им бывает не просто понять и принять целый ряд норм профессиональной этики, соблюдение которых потребуются от них в будущем. Это актуализирует работу по овладению будущими учителями уже на вузовской скамье морально-нравственными нормами профессиональной деятельности посредством знакомства с этическим кодексом педагога.

Одна из особенностей организации профессионально-педагогической подготовки заключается в ориентации на приоритетные программные документы в сфере образования. Однако на сегодняшний день в Российской Федерации отсутствует единый этический кодекс педагога. Существующие нормативные документы носят рекомендательный характер, и общеобразовательные организации на их основе разрабатывают локальные положения, что затрудняет их использование в качестве ориентира в подготовке будущих учителей.

В связи с этим цель исследования – выявить отношение обучающихся направления подготовки «Педагогическое образование» к разработке этического кодекса педагога и определить его место в системе профессиональной подготовки будущих учителей в высшей школе.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования были использованы анализ, обобщение и систематизация научной литературы, а также результаты опроса на тему «Нужен ли педагогическому сообществу этический кодекс педагога». Опрос проводился среди обучающихся 3–4-х курсов бакалавриата направления подготовки «Педагогическое образование» на базе ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет».

Результаты исследования и их обсуждение

Проблема формирования у будущих учителей норм профессиональной этики посредством этического кодекса педагога в контексте их подготовки в высшей школе, при всей ее значимости, на сегодняшний день остается недостаточно разработанной и дискуссионной. Как и в середине XX в., современные отечественные исследователи продолжают осмысливать вопрос: что же такое этический кодекс педагога – это «миф или реальность»? [1, с. 353]. Для того чтобы ответить на этот вопрос, они обращаются к зарубежной истории формирования этического кодекса педагога, его эволюции; изучают структурные элементы типовых кодексов профессиональной этики педагога и нормативно-правовые документы, в ко-

торых содержатся требования, предъявляемые к педагогам, с учетом этики, морали и нравственности, характерных для конкретной исторической эпохи (Р.У. Арифутлина, И.Б. Виноградова, П.Ф. Иванщина, О.А. Катушенко и др.) [2, 3].

Особый интерес среди педагогических исследований вызывают работы, в которых рассматриваются подходы к определению структуры и содержания этического кодекса педагога, принципы его профессионального поведения (И.Н. Дубовицкий, Ю.В. Сорокопуд, Н.Н. Уварова) [4] и принципы, определяющие идеи и начала профессиональной этики педагога (М.А. Абримова, А.М. Воронцов, Н.А. Дубровин, А.А. Жидков, А.А. Чегулова) [5].

Заслуживают внимания появившиеся в последние годы отдельные публикации, в которых отмечается значимость этического кодекса для профессионального становления будущего педагога (М.М. Кравцов) [6], показывается роль этических знаний в формировании профессиональной позиции будущего учителя и определяется место педагогической этики как учебной дисциплины в реализуемых в высшей школе образовательных программах (Е.В. Ефимова, Т.И. Шупенько) [7].

В современных публикациях прослеживается интерес к решению проблемы формирования этической компетентности у обучающихся педагогического вуза, демонстрируется поиск методов и форм взаимодействия с ними в учебном процессе для приобретения нравственной базы для будущей профессиональной деятельности (И.Б. Виноградова, Е.В. Рябова) [8]; детально анализируются принципы профессиональной подготовки будущих учителей с учетом требований этического кодекса педагога (С.С. Быкова) [9].

Анализ отечественной научной литературы показывает, что интерес к проблеме формирования норм профессиональной этики у педагогов достаточно велик. Однако в среде ученых нет единого мнения относительно необходимости принятия единого этического кодекса педагога. Разработка этического кодекса педагога в контексте профессиональной подготовки будущих учителей на сегодняшний день не стала предметом самостоятельного педагогического исследования.

Между тем обращение к истории вопроса о разработке этического кодекса педагога в контексте проблемы профессиональной подготовки будущих учителей указывает на очевидную состоятельность сложившихся предпосылок для ее решения как в теоретическом, так и в прикладном аспектах.

Так, краткий экскурс в зарубежную историю вопроса о положении учителей, нормах их профессиональной этики в середине XX в. свидетельствует о широком интересе и его обсуждении европейской общественностью и специалистами. Результатом обсуждения данного вопроса стала принятая на специальной межправительственной конференции, созванной ЮНЕСКО в Париже совместно с МОТ (от 5.10.1966 г.), рекомендация ЮНЕСКО-МОТ о положении учителей. По сути, документ определял принципы профессиональной деятельности учителей, их права, ответственность, вопросы подготовки и совершенствования профессиональных знаний, умений и навыков, условия преподавания и обучения, а также взаимодействия с органами образования. Рекомендации, изданные в 1966 г., регулярно пересматривались и дополнялись. В 1997 г. Генеральной конференцией ЮНЕСКО был принят международный документ, содержащий рекомендации о статусе преподавательских кадров высших учебных заведений.

Следование принципам, лежащим в основе рекомендаций 1966 г. и 1997 г., имело важное значение для дальнейшего осуществления государственной политики и в отношении российских учителей. Так, на рубеже XX–XXI вв. проблема профессиональной этики педагога широко обсуждалась уже российской педагогической общественностью. Предпринималась попытка этическую составляющую компетентности педагога выделить в блок профессиональных педагогических стандартов.

В январе 2010 г. на Педагогической ассамблее в Санкт-Петербурге работниками РГПУ им. А.И. Герцена был представлен разработанный на основе действующего законодательства РФ первый проект этического кодекса учителей. Проект кодекса состоял из трех разделов, включавших нравственные и этические нормы для педагогов, личностные требования к ним, а также к взаимоотношениям с субъектами образовательных отношений.

В свою очередь, в 2014 г. Министерством образования и науки РФ совместно с Профсоюзом работников народного образования и науки РФ был разработан Кодекс профессиональной этики педагогических работников образовательных организаций, нацеленный на поддержание этических взаимоотношений между участниками образовательного процесса и создание позитивного имиджа учителя. Данный Кодекс носил рекомендательный характер и дополнялся образовательными организациями в соответствии с их спецификой.

20 августа 2019 г. Минпросвещением РФ было принято письмо «О примерном Положении о нормах профессиональной этики педагогических работников». Данным Положением рекомендовалось руководствоваться в процессе осуществления профессиональной деятельности всем педагогическим работникам, в том числе общеобразовательных школ. Данный документ дал дополнительный импульс для создания этического кодекса педагога в образовательных организациях разного уровня. В настоящее время образовательные организации самостоятельно разрабатывают этические кодексы с учетом специфики своей организации.

Таким образом, на сегодняшний день можно утверждать, что вопросы педагогической этики, в основе которой лежат нормы педагогической морали, принципы и функции, оформлены не только в нормативно-правовом отношении, но и вполне разработаны и нашли отражение в научной литературе. На базе образовательных организаций идет процесс их осмысления и разработки этического кодекса педагога. Он, по своей сути, устанавливает нравственные требования, обусловленные принципами и нормами педагогической морали, что позволяет регламентировать взаимоотношения педагога с субъектами образовательного процесса в ходе осуществления им профессионально-педагогической деятельности. Однако сегодня по-прежнему остается много открытых вопросов, среди которых – имеющий важное значение для профессиональной подготовки будущих учителей вопрос о том, нужен ли педагогическому сообществу этический кодекс педагога?

Так как к педагогическому сообществу в полной мере относятся и обучающиеся – будущие учителя, т.е. те, кому предстоит осуществлять свою профессиональную деятельность в соответствии с этическим кодексом, то их мнение по данному вопросу имеет важное значение. В связи с этим на базе ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» был проведен опрос на тему: «Нужен ли педагогическому сообществу этический кодекс педагога?» В опросе приняли участие 138 обучающихся 3–4-х курсов бакалавриата направления подготовки «Педагогическое образование». Ниже представлены полученные результаты.

На вопрос: «Нужен ли педагогическому сообществу этический кодекс педагога?» подавляющее большинство (81%) обучающихся – будущих учителей ответили утвердительно. Вместе с тем 19% опрошенных дали отрицательный ответ. Анализ результатов ответа на вопрос: «Как Вы считаете,

кто заинтересован в разработке и принятии этического кодекса педагога?» (участники опроса могли выбрать несколько вариантов ответа на данный вопрос), а также комментарии к ним вскрывают причины настороженного или отрицательного отношения будущих учителей к этическому кодексу, регламентирующему деятельность педагога в общеобразовательной организации.

Так, 67% обучающихся считают, что в разработке и принятии этического кодекса педагога заинтересовано, в первую очередь, государство. Будущие учителя, принявшие участие в опросе, объясняют свою точку зрения тем, что соблюдение педагогами этического кодекса будет способствовать повышению качества образования в стране в целом.

В свою очередь, 64% обучающихся считают, что в принятии этического кодекса педагога заинтересованы, в первую очередь, сами учителя. Среди аргументов встречаются следующие:

- соблюдение учителями этического кодекса повысит их статус и авторитет среди обучающихся и их родителей, а также в обществе в целом;

- четкий регламент, свод правил поведения смогут упростить коммуникацию с коллегами, администрацией школы и родителями обучающихся, что будет способствовать улучшению психологического микроклимата;

- этический кодекс, выступая в качестве идеальной модели поведения учителя, может стать ориентиром для его профессионального саморазвития и самосовершенствования.

Каждый второй (53%) из участников опроса считает, что в принятии этического кодекса педагога заинтересованы родители школьников. Профессионально компетентный учитель, соблюдающий нормы педагогической этики, – гарант успешности их детей. Все, что во благо ребенка, – во благо его родителям.

Одновременно около половины участников опроса (46%) считают, что в принятии этического кодекса педагога заинтересована, в первую очередь, администрация образовательной организации, поскольку его принятие будет способствовать повышению качества образовательного процесса за счет оптимизации взаимодействия его субъектов.

Каждый третий будущий учитель (35%) рассматривает этический кодекс педагога как формализованный свод правил, позволяющий лучше контролировать систему, делая ее более управляемой, что определяет в качестве наиболее заинтересованных в его внедрении лиц – чиновников от образования.

На последнем месте среди выбранных вариантов ответа – школьники (31%). По мнению будущих учителей, школьники заинтересованы в разработке и внедрении этического кодекса педагога по следующим основаниям:

- детям важно чувствовать себя в безопасности, находиться в культурном поле;

- этически выдержанное поведение педагога – основа интериоризации ребенком духовно-нравственных норм.

В качестве отдельного вопроса у обучающихся было уточнено, а нужен ли им как будущим учителям этический кодекс педагога? Утвердительный ответ дали 78%, отрицательный – 22%. Тех, кто дал утвердительный ответ, попросили его аргументировать. Среди приведенных ими аргументов были следующие:

- понимание норм профессиональной этики будет способствовать осознанию будущим учителем, насколько ему близка педагогическая субкультура и сможет ли он работать в общеобразовательной организации, став ее органической частью;

- знакомство с этическим кодексом педагога может стать для будущего учителя ориентиром для его личностно-профессионального саморазвития и самосовершенствования;

- знакомство будущих учителей с четко оформленными правилами взаимодействия с субъектами образовательного процесса облегчит им в дальнейшем процесс профессиональной адаптации в новом коллективе;

- знание норм профессиональной этики позволит учителю избежать конфликтных ситуаций во взаимодействии с коллегами, администрацией, учениками и их родителями и др.

Результаты опроса свидетельствуют о том, что подавляющее большинство будущих учителей осознают значимость как соблюдения педагогом профессиональной этики, так и необходимости разработки и введения этического кодекса педагога. Вместе с тем обучающиеся – будущие учителя высказали свои опасения о возможных негативных последствиях данного документа (открытый вопрос: «Какие возможные негативные последствия введения этического кодекса педагога как обязательного Вы видите?»). Среди них отмечают такие последствия, как:

- введение этического кодекса может привести к сверхконтролю за деятельностью учителей со стороны государства, администрации, родителей, общества в целом;

- погружение учителя в строгие рамки ограничит его в способах самовыражения, в свободе слова, мысли и ином, что может

привести к нежеланию части молодежи работать в таких условиях, и, как следствие, к сокращению числа молодых педагогов;

– любой свод декларируемых норм и правил может использоваться не по назначению (например, администрация школы будет использовать этический кодекс для того, чтобы увольнять «неудобных» учителей);

– этический кодекс устанавливает дополнительные требования к учителю, его обязанности без каких-либо гарантий защиты его прав, чести и достоинства и др.

Признавая факт необходимости разработки этического кодекса педагога для всех субъектов образовательных отношений, начиная от представителей всех уровней власти в системе образования и заканчивая рядовым учителем, обучающимися и их родителями, будущие учителя высказывают свои опасения о возможных негативных последствиях. В связи с этим они выдвигают идею о необходимости разработки параллельно с этическим кодексом реального механизма защиты педагогов, например ФЗ «О статусе педагога Российской Федерации», который снимет наболевший вопрос о статусе учителя и будет содержать реальные гарантии и продуманные механизмы его защиты.

Заключение

Таким образом, знакомство обучающихся в ходе профессиональной подготовки в высшей школе с этическим кодексом педагога может рассматриваться как способ овладения будущими учителями морально-нравственными нормами профессионально-педагогической деятельности и условие ее эффективного осуществления. Однако принятые на сегодняшний день нормативные документы носят рекомендательный характер, и общеобразовательные организации на их основе разрабатывают локальные положения, что затрудняет их использование в качестве ориентира в профессиональной подготовке будущих учителей в высшей школе. Сами обучающиеся – будущие учи-

теля, признавая заинтересованность в этическом кодексе педагога всех субъектов образовательных отношений, высказывают свои опасения о его возможных негативных последствиях и предлагают к разработке один из механизмов реальной защиты прав, чести и достоинства школьного учителя на федеральном уровне.

Список литературы

1. Садыкова Э. Профессионально-этический кодекс учителя: миф или реальность? // Человек. Общество. Культура. Социализация: материалы XVII Международной молодежной научно-практической конференции (Уфа, 23–24 апреля 2021 года). Уфа, 2021. С. 353–355.
2. Виноградова И.Б., Иваншина П.Ф. Об этическом кодексе в профессиональной этике современного педагога // Роль культурного наследия в современных этнополитических, этнообразовательных, этноконфессиональных процессах: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической интернет-конференции (Саранск, 25–30 ноября 2019 года). Саранск, 2020. С. 195–200.
3. Катушенко О.А., Арифулина Р.У. Эволюция этического кодекса педагога // НЕОФИТ: материалы научно-практических конференций аспирантов, магистрантов, студентов (Нижний Новгород, 01–30 апреля 2019 года). Том Выпуск 16. Нижний Новгород, 2019. С. 131–133.
4. Дубовицкий И.Н., Уварова Н.Н., Сорокопуд Ю.В. Структура и содержание кодекса профессиональной этики педагога в контексте практической реализации гуманистических идей в образовательной практике // Мир науки, культуры, образования. 2017. № 4 (65). С. 159–160.
5. Жидков А.А., Дубровин Н.А., Воронцов А.М., Абросимова М.А., Чегулова А.А. Принципы профессиональной этики педагога // Вопросы педагогики. 2021. № 11–1. С. 160–162.
6. Кравцов М.М. Этический кодекс педагога // Актуальные исследования в сфере гуманитарного знания: научные труды VII студенческой научно-практической конференции (Кинель, 17 декабря 2020 года). Кинель, 2021. С. 49–52.
7. Ефимович Е.В., Шупенько Т.И. Место и роль этических знаний в формировании будущих педагогов // Государство, общество, церковь в истории России XX–XXI веков: материалы XIX Международной научной конференции (Иваново, 25–26 марта 2020 года). Иваново, 2020. С. 251–255.
8. Виноградова И.Б., Рябова Е.В. Формирование этической компетентности студентов-бакалавров педагогического вуза // Социальная педагогика в России. Научно-методический журнал. 2020. № 5. С. 51–55.
9. Быкова С.С. Деонтологические принципы к процессу подготовки будущего педагога с учетом требований этического кодекса педагогического работника // Право и образование. 2018. № 12. С. 71–80.

УДК 372.881.1

**ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНОЯЗЫЧНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ЮРИСТОВ****¹Гольцова Т.А., ¹Проценко Е.А., ²Живокина М.А., ²Павлова Ю.Е.**¹*ФГКОУ ВО «Воронежский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации»,
Воронеж, e-mail: tgozowa@yandex.ru;*²*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж,
e-mail: <https://vva.mil.ru>*

Статья посвящена актуальному вопросу в современной педагогике – использованию мобильных приложений в образовательном процессе. В работе подчеркиваются возрастающая роль мобильных сервисов и их популярность в ходе изучения иностранного языка. Цель проведенного исследования – определить возможности применения мобильных приложений для формирования профессионального компонента иноязычной коммуникативной компетенции юристов. Авторы статьи описывают содержание некоторых англоязычных мобильных приложений юридического профиля, доступных в современных условиях, которые могут быть использованы при подготовке высококвалифицированных специалистов в сфере юриспруденции. Наиболее подробно в статье анализируется дидактический потенциал таких приложений, как «B-Legal», «Path Legal», «Law Dojo». В статье приводятся разделы и темы по разным отраслям права, содержащие определенный объем профессионально значимого аутентичного материала, который может применяться с целью изучения языка специальности. Авторы обращают внимание на методические приемы, необходимые для прочного усвоения терминологической базы и эффективного применения мобильных приложений. Проведя анализ доступных мобильных приложений, авторы делают вывод о перспективности их интеграции в учебный процесс для формирования профессионального аспекта иноязычной коммуникативной компетенции специалистов юридического профиля при условии методически правильной организации работы.

Ключевые слова: иноязычная профессиональная коммуникативная компетенция, иностранный язык, мобильные приложения, дидактический потенциал, образовательный процесс

**DIDACTIC POTENTIAL OF MOBILE APPLICATIONS
TO FORM FOREIGN LANGUAGE PROFESSIONAL
COMMUNICATIVE COMPETENCE OF LAWYERS****¹Goltsova T.A., ¹Protsenko E.A., ²Zhivokina M.A., ²Pavlova Yu.E.**¹*Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Voronezh,
e-mail: tgozowa@yandex.ru;*²*Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky
and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, e-mail: <https://vva.mil.ru>*

The article is devoted to the use of mobile applications in the educational process that is an urgent issue in modern pedagogy. The article highlights the increasing role of mobile services and their popularity in the course of foreign language learning. The study aims to determine the possibilities of using mobile applications in order to form the foreign language communicative competence of lawyers. The authors describe the content of some English-language mobile applications of legal profile available in modern conditions, which can be used during the training of highly qualified lawyers. The didactic potential of such applications as «B-Legal», «Path Legal», «Law Dojo» is described in detail. The article presents sections and topics related to various branches of law containing some professionally significant authentic materials that can be used to study a language of specialty. The authors focus on the methodological techniques necessary for a more solid acquisition of the terminology and effective implementation of mobile applications. Having analyzed the available mobile applications, the authors come to the conclusion about the prospects of integrating them into the educational process in order to form professional aspects of the foreign language communicative competence of lawyers, provided the methodically correct organization of work.

Keywords: foreign language professional communicative competence, foreign language, mobile applications, didactic potential, educational process

На сегодняшний день мобильные приложения для изучения иностранных языков прошли определенный путь развития. Времена лингафонных лабораторий и тщательного изучения толстых учебников уходят в прошлое, их место занимают инновационные образовательные технологии, среди которых особой популярностью у обучающихся пользуются мобильные приложения. Благодаря таким приложениям изучать ино-

странный язык стало проще и быстрее, так как есть возможность совершенствовать навыки в собственном темпе с помощью таких удобных инструментов, как визуальные подсказки, аудиоматериалы, обработка естественного языка и даже взаимодействие с реальными носителями языка.

В настоящее время существует значительное количество мобильных приложений для изучения иностранных языков,

в особенности английского языка. Как показал опыт, они могут весьма успешно использоваться в учебном процессе, в том числе в ходе самостоятельной подготовки [1, 2]. Однако чаще в современных исследованиях речь идет об изучении иностранного языка в рамках базовых ситуаций повседневного общения [3, 4]. Задачи системы высшего образования гораздо шире и сложнее: федеральные государственные образовательные стандарты нового поколения предусматривают формирование не только общекультурных или универсальных, но и профессиональных компетенций. Новизна настоящего исследования заключается в изучении дидактического потенциала мобильных приложений при изучении иностранного языка для специальных целей.

Согласно федеральным государственным образовательным стандартам нового поколения, выпускник должен владеть способностью к устной и письменной иноязычной коммуникации в сфере будущей профессиональной деятельности. Таким образом, при обучении иностранному языку в образовательных организациях высшего образования важное значение приобретает профессионально ориентированный вектор языковой подготовки. Каковы же возможности современных мобильных приложений при обучении языку специальности? Мы поставили своей целью определить возможности использования мобильных приложений для формирования профессионального аспекта иноязычной коммуникативной компетенции специалистов юридического профиля.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели был проведен теоретический анализ научно-педагогической литературы по теме исследования [5, 6], изучен отечественный и зарубежный опыт использования мобильных приложений в преподавании иностранных языков [7, 8], рассмотрены доступные для современных пользователей смартфонов мобильные приложения соответствующей тематической направленности и определены возможности их применения в учебном процессе для изучения языка специальности.

Результаты исследование и их обсуждение

Прежде всего, отметим, что на сегодняшний день пользователям смартфонов доступны мобильные приложения разной профессиональной направленности, например для юристов, экономистов, бухгалтеров или IT-специалистов. Приложения юридического профиля можно считать одними из наиболее многочисленных, среди кото-

рых можно выделить несколько типов приложений, содержащих информационные ресурсы, текстовые материалы, игровые или тестовые задания.

Большинство мобильных приложений отличается выраженный информативный характер. Они объединяют юридические тексты в рамках одной или нескольких отраслей права, при этом какие-либо задания не предусмотрены. В качестве примера информационного ресурса юридической направленности можно привести мобильное приложение «B-Legal», объединяющее законы и законодательные акты 8 англоговорящих стран: Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, Соединенных Штатов Америки, Австралии, Индии, Нигерии, Зимбабве, Южной Африки и Республики Гана. Пользователи могут ознакомиться с оригинальными текстами Конституции США, Великой хартии вольностей, Билля о правах или австралийским законом о полиции, а также другими юридическими документами.

Помимо раздела «Законодательство», в котором собраны основные законы и законодательные акты перечисленных стран, интерес для будущих юристов может представлять раздел «Судебная практика», где приводятся судебные решения по разного рода прецедентам, принятые в разных странах в XX–XXI вв. Пользователям доступен выбор по разным отраслям права, таким как гражданское, уголовное, семейное, таможенное, договорное, международное и т.п. (всего 24 варианта).

Рассматриваемое приложение включает также встроенный словарь, который объединяет внушительный список слов, в том числе и узкоспециальные юридические термины. В частности, в словаре представлены аббревиатуры, латинские и французские заимствования, а также юридические термины, специфические для отдельных стран. При работе со словарем можно воспользоваться как алфавитным списком, так и автоматическим поиском (рис. 1).

Ряд мобильных приложений содержат аутентичный текстовый материал по широкому профилю юридической специальности. Так, например, в приложении «Path Legal» объединены самые разнообразные ресурсы, имеющие отношение к юридической профессии, такие как документы, газетные статьи, блоги, учебные материалы и примеры конкретных дел. В другом приложении представлены советы по овладению профессиональными навыками в различных сферах деятельности, таких как юрист или помощник юриста, адвокат, специалист по экологическому праву и т.п. (рис. 2).

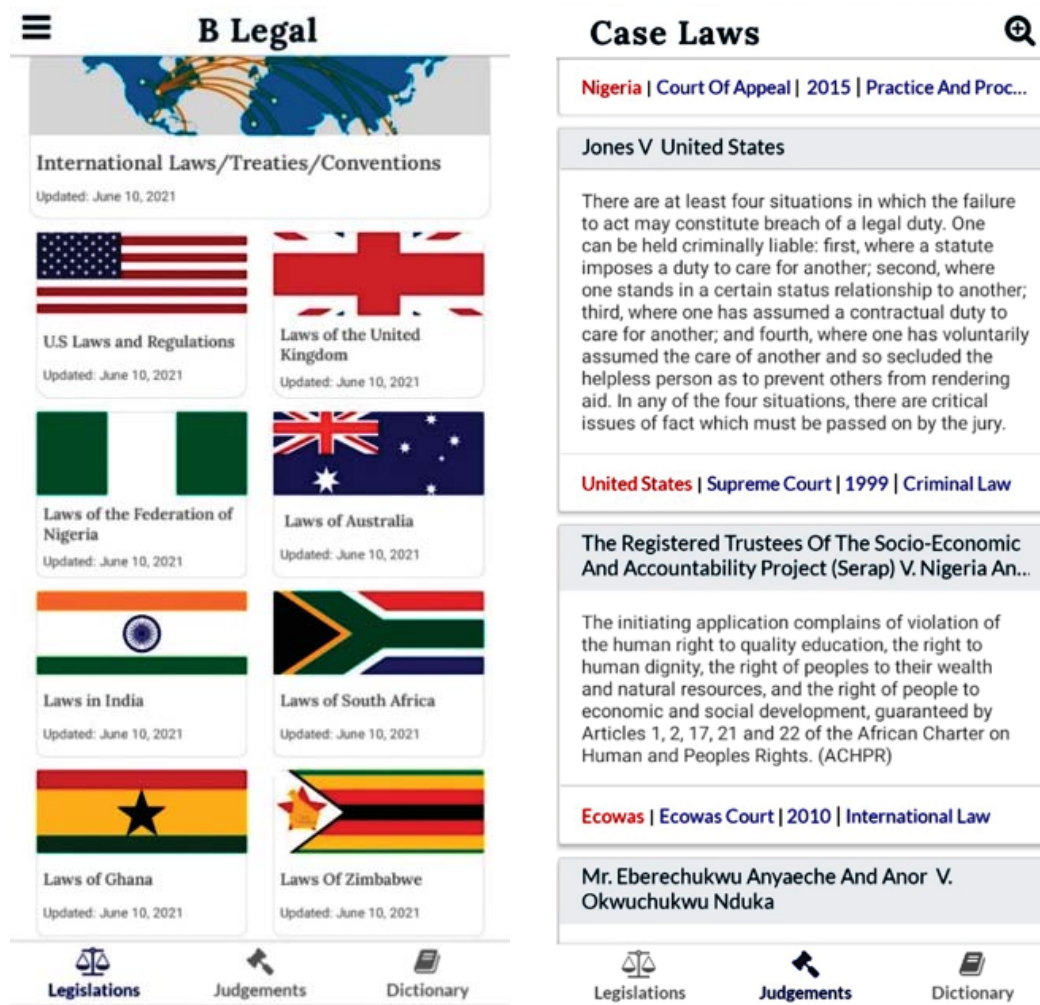


Рис. 1. Приложение «B-Legal». Разделы «Legislations» и «Judgements»

Другими словами, доступ к разным мобильным приложениям позволяет преподавателю или обучающемуся найти необходимую профессионально значимую информацию, к примеру сравнительную характеристику и отличительные особенности англосаксонского и континентального права, или узнать о различиях в подготовке и работе двух типов адвокатов – солиситоров и барристеров – в Великобритании.

Еще одним достаточно распространенным типом мобильных приложений являются игровые приложения. Как правило, они носят развлекательный характер. В связи с этим стоит отметить мобильное приложение «Law Dojo», в котором предлагаются тестовые задания в игровом формате. Всего в приложении представлено 12 тем, распределенных по трем уровням (easy, medium, hard). Первый уровень включает четыре темы общего характера: права человека, правила дорожного движения, нормы по-

ведения для студентов, а также основные понятия, необходимые для поступления на юридический факультет. Помимо отработки базовой юридической терминологии, представленные задания позволяют усвоить и закрепить нормы общения в типичных ситуациях учебной и будущей профессиональной деятельности. Особого внимания при этом заслуживает раздел «Знание своих прав», где рассматриваются обязанности и полномочия сотрудника полиции, а также права граждан, которые необходимо соблюдать в работе полиции.

Представленные задания позволяют не только осуществить контроль базового уровня иноязычной коммуникативной компетенции, но и проверить знания обучающихся в области основ профессиональной деятельности. Таким способом происходит укрепление межпредметных связей и формируются основы профессиональных компетенций сотрудников органов внутренних дел.

Introduction to Law

Comparing Common-Law Systems with Other Legal Systems

civil-law systems.

What are the key differences?

In short, civil law is based on legislation; common law is based on court decisions.

COMMON LAW versus CIVIL LAW SYSTEMS		
System Features	Common Law Systems	Civil Law Systems
Major Source of Law	Custom & Practice, Court Decisions	Legislative Statutes & Codes
Reliance on precedent	Yes (Strong)	No (Weak)
Judicial role in law-making	Active & Creative	Passive and Technical • (construing and applying the law, no court creation)
Role of Legal Scholarship	Secondary and Peripheral	Can be important in some jurisdictions
Judicial Review of Statutes & Executive Actions	Yes	

Criminal Law

Criminal law is the area of law that relates to prohibited conduct in society. When government leaders take steps to ban certain actions, they create crimes. Criminal law is the area of law that involves enforcing criminal law as well as defending against allegations of violations of criminal law.

The purpose of outlawing conduct is to protect society. Law makers typically pass a law with the belief that it's for the public good. Criminal laws must be applied evenly to everyone. Lawmakers can't make a law that targets only one person. The purposes of punishing criminal offenders include retribution, deterring certain behaviors, preventing additional offenses and rehabilitation of offenders.

What makes a law a crime?

An act isn't a crime just because government officials prohibit the behavior. Instead, a behavior is a crime because of the penalties that are attached to a

Рис. 2. Примеры из разных мобильных приложений

Разработчиками предусмотрено последовательное изучение представленного в приложении материала, при котором каждый следующий уровень открывается только в случае успешного прохождения предыдущего (рис. 3), каждый правильный ответ приносит определенную сумму баллов. Однако в случае необходимости возможно выполнение заданий любого уровня, например по тематике конституционного, уголовного или международного права, на платной основе.

Рассмотренные примеры показывают, что существующие на сегодняшний день мобильные приложения юридического профиля не могут рассматриваться в качестве обучающих программ, поскольку недостаточно разработаны в методическом плане. Однако они содержат определенный объем профессионально значимого, как правило, аутентичного материала, который может быть использован с целью изучения языка специальности. Однако для реализации поставленной цели необходимо соответствующее методическое сопровождение.

В частности, юридические тексты, содержащиеся в подобных приложениях, могут применяться для формирования навыков, прежде всего, поискового и про-

смотрового чтения. Их преимущества заключаются в легкости доступа к источнику профессионально значимой информации в удобное время и в любом месте, актуальности представленной информации, возможности использовать встроенный переводчик или словарь. Другими словами, мобильные приложения можно применять для решения определенных учебных задач, таких как поиск профессионально значимой информации по той или иной проблеме или конкретному вопросу (например, юридические профессии и их особенности, отличия разных видов адвокатов в Великобритании, виды наказания за конкретное преступление в разных странах и т.д.). В случае особой актуальности или профессиональной значимости тексты могут быть использованы и для изучающего чтения. Однако в этом случае преподаватель должен разработать систему предтекстовых и послетекстовых заданий в соответствии с учебными целями и практическими задачами конкретного занятия. Материалы мобильных приложений могут также применяться при обучении юридическому переводу, подготовке проектных и исследовательских работ, подборе материала для внеаудиторного чтения или других формах самостоятельной работы обучающихся.

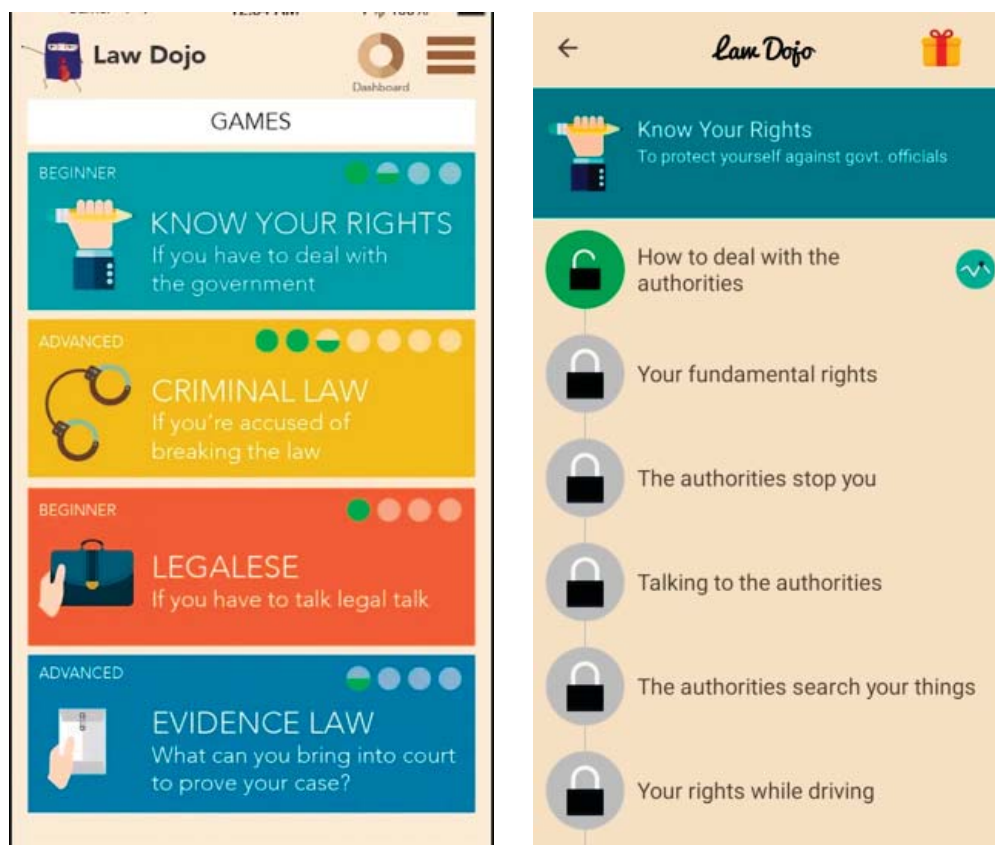


Рис. 3. Приложение «Law Dojo». Пример тем и разделов внутри темы

Как отмечалось выше, в мобильном приложении «Law Dojo» представлены задания тестового характера, которые могут привлекаться для контроля сформированности не только собственно лингвистической, но и профессиональных компетенций будущих сотрудников полиции. В этом случае преподавателю следует предварительно внимательно изучить задания на предмет их соответствия содержанию учебного материала, изученного в ходе освоения дисциплины «Иностранный язык». Кроме того, данное приложение может помочь определить пробелы в профессиональной подготовке полицейских. В таком случае тестирование может проводиться с целью выявления пробелов для их последующего заполнения в ходе изучения иностранного языка для специальных целей.

Выводы

На основе вышеизложенного можно заключить, что современные мобильные приложения, доступные для пользователей смартфонов, ориентированы, прежде всего, на изучение специальности, а не языка специальности. Предлагаемые материалы на иностранном языке имеют высокую

информативную ценность, обладают аутентичностью и актуальностью как необходимыми свойствами профессионально значимой информации. Однако тщательное изучение мобильных приложений юридической направленности показало, что большинство имеют недостаточный уровень методической проработанности, что существенно ограничивает возможности их применения в образовательных целях. Для эффективного использования доступных мобильных приложений в учебном процессе преподавателю необходимо разработать методическое обеспечение, соответствующее целям и задачам конкретного этапа, а также профессиональным интересам и уровню подготовки обучающихся. Тем не менее, представленные материалы могут применяться в процессе профессионально ориентированного обучения иностранному языку, так как большинство мобильных приложений содержат юридические тексты разных жанров и разной тематической направленности, от широкого профиля специальности до более узкой, а значит, способствуют формированию профессиональной иноязычной коммуникативной компетенции высококвалифицированных специалистов.

Список литературы

1. Чурсина О.В., Сыпчу А.А. Использование мобильных приложений при изучении иностранного языка // Актуальные исследования. 2021. № 12 (39). С. 26-29.
2. Maršanić D., Maričević I. Mobile Apps als Hilfsmittel für DAF-Lerner: eine Selbststeinschätzung von Germanistikstudierenden der Universität Rijeka. Strani jezici. 2019. No. 4 (48). P. 237-254.
3. Kacetl J., Klímová B. Use of Smartphone Applications in English Language Learning – A Challenge for Foreign Language Education. Education Sciences. 2019. Vol. 9. No. 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/3/179/html> (дата обращения 11.10.2022).
4. Kruchinin S., Bagrova E. Quality of Mobile Apps for Language Learning. 3rd International Scientific Conference on New Industrialization and Digitalization. 2021. Vol. 93. [Электронный ресурс]. URL: https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/abs/2021/04/shsconf_nid2020_01009/shsconf_nid2020_01009.html (дата обращения: 10.12.2022).
5. Betteley C. Language apps: Can phones replace classrooms? BBC News. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bbc.com/news/uk-wales-50321918> (дата обращения: 20.08.2022).
6. Радченко Е.Н. Мобильное обучение и межкультурная коммуникация в вузе – тенденции современной реальности // Иностранные языки в школе. 2022. № 4. С.90-96.
7. Данилова В.А., Шихалгина Т.Г. Возможности использования мобильного обучения (m-learning) в процессе изучения английского языка для профессиональных целей (ESP) // Вопросы журналистики, педагогики, языкознания. 2020. Т.39. № 2. С. 206-215.
8. Gafni R., Achituv D.B., Rachmani G.J. Learning Foreign Languages Using Mobile Applications. Journal of Information Technology Education: Research. 2017. Vol. 16. [Электронный ресурс]. URL: <https://jite.org/documents/Vol16/JITEv16ResearchP301-317Gafni3476.pdf> (дата обращения 11.10.2022).

УДК 37.017: 372.863

**О ФОРМИРОВАНИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ
В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ****Красильникова Е.В., Кузнецова С.Н.***ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», Тверь,
e-mail: gum512@mail.ru*

Исследуется содержание понятия «национальная идентичность», рассматриваются педагогические технологии ее формирования в системе высшего аграрного образования. Предложено понимание национальной идентичности как эмоционального и рационального осознания своей принадлежности стране, ее истории, традиционным ценностям, позволяющее рассматривать ее как важный фактор сохранения отечественной культуры в условиях современного глобального цивилизационного кризиса. Вводится понимание современного образования как процесса национальной идентификации, включающего формирование, наряду с профессиональной, гражданской идентичности студенческой молодежи. В этой связи аграрное образование рассматривается как процесс идентификации специалиста-агрия, связывающего свою профессиональную судьбу с отечественным сельским хозяйством. Целью современного аграрного образования становится существенное повышение статуса, социальной значимости работника сельского хозяйства. Поднимается вопрос о педагогических возможностях профильных предметов аграрного образования в деле формирования национальной идентичности студентов. Выдвинуты предложения преподавателей кафедры растениеводства и технологий переработки льна Тверской государственной сельскохозяйственной академии по корректировке содержания рабочих программ профильных дисциплин («Введение в профессиональную деятельность», «Плодоводство», «Овощеводство», «Цветоводство», «Основы ландшафтного дизайна», «Садово-парковое искусство» и др.) с учетом заявленной проблемы формирования национальной идентичности. Предложены дополнительные дидактические единицы, информационно и практически погружающие студентов в историю аграрного хозяйства с его традиционными ценностями, позволяющие реконструировать технологическую сторону ведения хозяйства, свойственную образу жизни русского человека. Представлен опыт внеаудиторной работы со студентами (выездные мероприятия, лекции-экскурсии), расширяющий возможности приобщения студентов к истории своей страны, своего края. Рассматривается тематика курсовых проектов выпускников, учитывающая исследование национальных особенностей организации садового хозяйства, реабилитацию «русского стиля» сельского землепользования.

Ключевые слова: национальная идентичность, идентификация, аграрное образование, педагогические технологии**ON THE FORMATION OF NATIONAL IDENTITY
IN THE SYSTEM OF MODERN AGRARIAN EDUCATION****Krasilnikova E.V., Kuznetsova S.N.***Tver State Agricultural Academy, Tver, e-mail: gum512@mail.ru*

The content of the concept of “national identity” is investigated, pedagogical technologies of its formation in the system of higher agrarian education are considered. An interpretation of national identity is proposed as an emotional and rational awareness of one’s belonging to the country, its history, traditional values, which makes it possible to consider it as an important factor in the preservation of national culture in the context of the modern global civilizational crisis. An interpretation of modern education is presented as a process of national identification, which includes the formation of civic – along with professional – identity of students. In this regard, agricultural education is considered as a process of identifying a specialist agrarian who links his professional destiny with domestic agriculture. The goal of modern agricultural education is a significant increase in the status, social significance of an agricultural worker. The question is raised about the pedagogical possibilities of specialized subjects of agrarian education in the formation of students’ national identity. Proposals were put forward by teachers of the Department of Plant Growing and Flax Processing Technologies of the Tver State Agricultural Academy to adjust the content of working programs of specialized disciplines (“Introduction to professional activity”, “Fruit growing”, “Vegetable growing”, “Flower growing”, “Fundamentals of landscape design”, “Gardening art”, etc.), taking into account the stated problem of the formation of national identity. Additional didactic units are proposed that immerse students in information and practice in the history of the agricultural economy with its traditional values, allowing to reconstruct the technological side of farming, characteristic of the way of life of a Russian person. The experience of extracurricular work with students (field events, lecture-excursions) is presented, which expands the possibilities for introducing students to the history of their country, their region. The subject of course projects of graduates is considered, taking into account the study of national characteristics of the organization of gardening, the rehabilitation of the “Russian style” of the introduction of rural land use.

Keywords: national identity, identification, agricultural education, pedagogical technologies

В условиях глобального цивилизационного и ценностного кризиса, желая западных государств ослабить российское общество, исключить влияние российской цивилизации на развитие мировой культуры остро встает вопрос о сохранении на-

шей национальной идентичности, русского культурного кода как основы и гаранта существования российского общества. Этот вызов требует не только военной, экономической, политической мобилизации общества, но и пересмотра всей системы от-

естественного образования, в пространстве которого происходит формирование личностной и гражданской идентичности молодежи. Аграрное образование, как важная составляющая отечественного образования, содержит в себе не только профессионально-практическое назначение, но и духовно-ценностный потенциал, присущий исконно русской культуре, исторически сформировавшейся как аграрный тип культуры. Актуальность проблемы заключается в важности исследования учебно-предметных возможностей аграрного образования для формирования национальной идентичности учащихся, необходимости поиска содержательных и методических технологий, обеспечивающих глубокое знакомство молодежи с историей аграрной культуры, ее традиционными духовными ценностями, погружение будущих аграриев в традиционные формы ведения аграрного хозяйства, свойственные русской культуре.

Цель исследования – выявление учебно-методического ресурса аграрного образования, актуального для формирования национальной идентичности учащейся молодежи.

Материалы и методы исследования

В написании статьи приняли участие преподаватели кафедры гуманитарной и физической культуры и кафедры растениеводства и технологий переработки льна Тверской государственной сельскохозяйственной академии (Тверская ГСХА). Гуманитарии в данной работе исследовали ценностное содержание национальной идентичности и общую стратегию ее формирования у студентов, будущих аграриев. Преподаватели кафедры растениеводства и технологий переработки льна провели ревизию учебно-методического материала и анализ содержания рабочих программ профильных дисциплин, формирующих практические, необходимые для аграриев компетенции, с точки зрения их потенциальной возможности в деле формирования духовных ценностей, национальной идентичности студентов.

Материалами исследования послужили учебно-методические наработки, используемые в учебной и внеучебной практике преподавателей по подготовке аграриев, а также материалы, полученные в ходе проведения на базе Тверской ГСХА круглого стола «Параметры современного учебного агрария» (14 марта 2022 г.).

Методы исследования определены заявленной темой. В рассмотрении категории «национальная идентичность» применительно к учебно-методическому материалу, используемому при подготовке студентов

аграрного вуза, были задействованы общенаучные методы: сравнительный, критический, системный.

Результаты исследования и их обсуждение

Проанализирована категория «национальная идентичность» и учебно-методический материал, используемый в процессе обучения студентов Тверской ГСХА по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, способствующий формированию национальной идентичности будущих аграриев.

Ситуация, складывающаяся в стране, все больше заставляет преподавательское сообщество взглянуть на процесс образования прежде всего как на процесс социокультурной идентификации молодежи. В современном гуманитарном знании категорию «идентификация» в широком смысле принято трактовать как формирование осознания своей принадлежности к определенной группе, позволяющее солидаризироваться с ее идеалами, стандартами, выработку эмоционально-ценностного отношения к своей группе (ощущение адекватности), реализацию соответствующих сценариев и способов поведения внутри и вне своей группы [1]. В данном случае понятие группы может обозначать и конкретное профессиональное сообщество, и целую культурную общность – страну-отечество. Важным показателем состоявшейся личности выступает высокая степень ее адаптации к своей культуре, ощущение (переживание) принадлежности к своему народу, его истории, его духовным ценностям.

Сегодня на первый план в системе образования выходит задача сохранения и укрепления традиционных ценностей, обеспечивающих сплоченность российского общества. Решение этой задачи позволит, в свою очередь, укрепить общероссийскую гражданскую идентичность, российскую самобытность [2]. Полагаем, что актуальная для студенческой молодежи полноценная профессиональная идентификация возможна в сочетании с гражданской идентификацией. Осознание своей принадлежности к выбранной профессии, понимание возможности профессиональной реализации в пределах своей страны, своей культуры – важный показатель состоявшейся социокультурной идентификации молодых людей. А потому перед российскими преподавателями встает вопрос, каким способом данный показатель сделать реальным и действенным.

Считаем, что эта задача стоит не только перед преподавателями-гуманитариями, предметы которых уже по своей при-

роде связаны с формированием духовных ценностей, влияющих на процесс социокультурной идентификации. В ее решении должны принять участие и преподаватели-естественники, задействованные в процессе подготовки тех же аграриев. Для этого необходимо проанализировать содержание рабочих программ, формирующих практические, необходимые для аграриев компетенции, провести ревизию учебно-методического материала профильных предметов, напрямую связанных с подготовкой будущих аграриев, с точки зрения их потенциальной возможности в содействии формированию национальной идентичности.

В российской истории и общественной жизни сложилось достаточно устойчивое представление о содержании русского характера, носителя традиционных ценностей, таких как жизнь, достоинство, патриотизм, гражданственность, справедливость, гуманизм, высокие нравственные идеалы и т.д. В данном случае национальные приметы звучат скорее всего как общечеловеческие. Таковыми они и являются. Но в психологическом портрете русского человека имеются и особые свойства, позволяющие говорить о его самобытности. Хотелось бы отметить, прежде всего, особую иррациональность, определившую склонность русского человека к созерцательности, эмоциональности, приоритет духовного над материальным, а также чаще всего упоминаемый русский коллективизм (соборность). Если иррациональность русского человека выступает основой особого отношения к земле, почитания природы, то ментальный коллективизм (психология «мы») в социальной жизни проявляется в патриотизме, уважении своего коллектива (будь то община или современное крестьянско-фермерское хозяйство), в следовании традиционным семейным ценностям. Полагаем, что именно эти качества способны выступать в роли барьера, препятствующего новым либеральным ценностям, культивирующим индивидуализм, пренебрежительное отношение к духовным ценностям.

Необходимо признать, что психологическая картина российского менталитета, «максимально стереотипизированного исторического опыта коллективного бытия людей», «опыта коллективного переживания мира» [3, с. 167], далеко не однородна. В современной российской жизни он может выступать не только барьером, но и фильтром, необходимым для восстановления российской самобытности, способствующим вытеснению таких недостатков, как бесхозяйственность, отсутствие четкого планирования, выразившееся в преслову-

том «авось», как наклонности дразнить счастье и верить в удачу.

Исторически эффективность ведения аграрного хозяйства в России, с одной стороны, поддерживалась такими вышеупомянутыми свойствами, как уважительное отношение к земле и глубокая связь с природой, с другой, тормозилось той же иррациональностью в форме пресловутой бесхозяйственности. Учебная и воспитательная роль образования, безусловно, предполагает обнаружение и культивирование положительных свойств характера русского человека, человека-труженика, патриота, семьянина. При этом процесс формирования привлекательных национальных характеристик и вытеснение «проблемных» нельзя воспринимать буквально как некую образовательную стратегию с элементами нравочужения и назидательности. К нему необходимо относиться как к деликатному процессу социокультурной идентификации молодежи, постепенной интеграции личности в систему духовных ценностей национальной культуры.

Педагогический опыт работы со студенческой аудиторией показал, что существенным фактором, определяющим эффективность последующего освоения дисциплины, служит верно найденная мотивация, пробуждающая интерес к предмету, будущей профессии. Полагаем, что в системе аграрного образования такой мотивацией может служить потребность общества в своих, российских, агрономах-практиках и ученых-агряриях. Государственная политика по импортозамещению сельскохозяйственной продукции невозможна без появления плеяды молодых аграриев с высокой профессиональной и гражданской мотивацией. Для этого необходимо на государственном уровне существенно повысить статус, социальную значимость работника сельского хозяйства. Последнее станет условием и надежной гарантией успешного формирования национальной идентичности у будущих специалистов в АПК.

Реабилитация в сознании россиян образа работника АПК – процесс длительный, нуждающийся в усилиях всего общества. Особую роль в возвращении когда-то уважаемого образа русского крестьянства, носителя исконных ценностей русской культуры, должно сыграть отечественное образование в целом, в частности аграрные вузы. Полагаем, что первым шагом в изменении отношения к будущей профессии агрария должна стать корректировка содержания профильных предметов. В этой связи считаем необходимым включение в рабочие программы дисциплин, изучае-

мых на аграрном факультете, дополнительных дидактических единиц, позволяющих соединить профессиональную мотивацию с гражданской, интерес к своей будущей профессии с особенностями ее проявления в российской среде.

Преподаватели кафедры растениеводства и технологий переработки льна Тверской ГСХА, проанализировав содержание рабочих программ своих дисциплин (направление подготовки 35.03.04 Агрономия), пришли к выводу о возможности корректировки отдельных тем (разделов, модулей), способствующих формированию национальной идентичности студентов. В качестве рекомендаций было предложено:

- дополнить рабочую программу дисциплины «Введение в профессиональную деятельность» разделом (модулем), посвященным истории развития традиционных ценностей русского крестьянства, особенностям ведения сельского хозяйства в России, историческим достижениям российской агрономической науки;

- внести дополнительные дидактические единицы в содержание дисциплин: «Плодоводство» (исторические особенности становления российского плодоводства; разновидности исконно российских плодово-ягодных культур; русские дары садов на вашем столе; проблема возрождения национальной садовой культуры); «Овощеводство» (реконструкция технологий выращивания исконно русских овощных культур (репа, турнепс, пастернак и др.); отечественные овощные культуры в народной медицине) [4]; «Цветоводство» (цветники в русском стиле; символика цветов в русской культуре) [5];

- расширить содержание предмета «Основы ландшафтного дизайна» изучением следующих вопросов: разновидности ландшафтного дизайна в русской культуре; особенности русской ландшафтной архитектуры; лесостепной ландшафт как отражение русской души; национальные приметы в современном ландшафтном дизайне.

Еще больше возможностей для формирования национальной идентичности имеет дисциплина «Садово-парковое искусство». Считаю уместным включение в содержание этой дисциплины раздела, посвященного русской усадебной культуре. Русская усадьба традиционно рассматривается как явление русской культуры, отражающее различные стороны ее жизни – хозяйственные, экономические, бытовые и т.д. Сельскохозяйственный аспект русской усадьбы – отдельная тема, позволяющая реконструировать технологическую сторону ведения хозяйства и духовный образ рус-

ского человека. Дидактическими единицами нового раздела могут быть:

- «русский стиль» в усадебной культуре;
- планировка русской усадьбы;
- особенности ведения садово-огородного хозяйства в русской усадьбе;
- отличительные приметы усадебного сада-огорода в русском стиле и т.д.

Опыт работы со студентами Тверской сельскохозяйственной академии показал, что формирование национальной идентичности у молодежи не может ограничиваться исключительно аудиторным изучением дисциплин. На сегодняшний день внеаудиторная работа, пожалуй, имеет больше возможностей для погружения в историю той же аграрной культуры, в атмосферу ее традиционных духовных ценностей. Это могут быть выездные мероприятия, включающие посещение музеев, посвященных истории крестьянства, организации его труда и быта. Так, в Тверской ГСХА существует культурно-просветительский центр, успешно выполняющий эту задачу [6]. Формирование традиционных духовных ценностей осуществляется в рамках таких его проектов, как «Мир русской усадьбы», «Экология исторической памяти», «Лики культуры: народные промыслы и ремесла». Студенты Тверской сельскохозяйственной академии регулярно посещают местный краеведческий музей, музей тверского быта, где знакомятся с особенностями региональной крестьянской культуры, местными традициями и промыслами.

Свой вклад по формированию национальной идентичности способна внести и научно-исследовательская работа студентов. В этой связи примечательны заявленные преподавателями последние темы курсовых проектов, объединившие учебно-научные задачи с воспитательными, отработку навыков научной деятельности с формированием национальной идентичности, приобщением к национальным ценностям:

- оформление территории с созданием сада в русском стиле;
- концепция сада-огорода на приусадебном участке;
- ароматический сад (тенистый сад) на приусадебном участке в русском стиле;
- «белый сад» («зеленый сад», «голубой сад», «желто-оранжевый сад») на приусадебном участке в русском стиле;
- вересковый сад (злаковый сад) на приусадебном участке в русском стиле;
- создание сада воды на приусадебном участке в русском стиле.

Данные темы курсовых работ имеют общую задачу: привлечь внимание студентов к отечественной традиции обустройства

садового хозяйства. Возвращение к практике наших предков, стремившихся жить в согласии с природой, следовавших «природному» стилю с его способностью соединять естественную красоту с хозяйственной пользой, можно оценить как одну из эффективных форм того же процесса формирования национальной идентичности.

Общими этапами курсовых проектов были заявлены следующие:

- сбор теоретического материала, посвященного саду в русском стиле;
- теоретическая реконструкция основных компонентов, входящих в структуру русского сада;
- практическое воссоздание отдельных компонентов русского сада-огорода на базе ухота Тверской ГСХА.

В ходе защиты курсовых проектов студенты в конечном итоге повторили практические рекомендации, накопленные нашими предками по возделыванию и уходу за садово-огородным хозяйством [7]. В числе основных:

- сохранение естественного рельефа – сад как продолжение окрестных лесов, естественного природного пейзажа;
- учет и сохранение состава почвы;
- сохранение произрастающих в данном месте растений (различные виды лип, ив, берез; спирей, чубушник и другие) и культивирование, долговечных, неприхотливых, недорогих культур (различные виды кустарников и деревьев);
- ориентация и учет времени посева и посадки культурных растений по лунному календарю и по народным приметам.

Результаты работы над курсовыми проектами были апробированы в рамках круглого стола «Параметры современного ученого-агрия», проведенного на базе Тверской ГСХА 14 марта 2022 г.

Заключение

Таким образом, в условиях глобально-го цивилизационного кризиса, ставящего под вопрос само существование россий-

ской культуры, сохранение традиционных духовных ценностей приобретает особую значимость и становится одной из главных стратегических целей отечественного образования. Ее реализация предполагает понимание современного образования как процесса не только профессиональной, но и национальной идентификации. В решении этой задачи должны быть задействованы все структурные компоненты института российского образования. Полагаем, что аграрное образование, исторически связанное с отечественной культурой, ее системой духовных ценностей, уже по своей сущности способно национально идентифицировать студенческую молодежь, будущих аграриев. Важно найти эффективные педагогические технологии, помогающие успешно справиться с решением задачи сохранения своего национального лица, своих традиций и ценностей как гаранта будущего существования России.

Список литературы

1. Сладкова О.Б. Кризис идентичности в современном российском обществе // Обсерватория культуры. 2008. № 3. С. 8–14.
2. Указ Президента Российской Федерации от 09.11.2022 № 809 «Об утверждении Основ государственной политики по сохранению и укреплению традиционных российских духовно-нравственных ценностей» // Официальный интернет-портал правовой информации. 9 ноября 2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211090019> (дата обращения: 19.12.2022).
3. Флиер А.Я. Культурология как гуманитарная наука // Общественные науки и современность. 2005. № 1. С. 160–168.
4. Скрипник А.В. Действие удобрений на урожайность, качество и лежкость корнеплодов брюквы и репы: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. Москва, 2012.
5. Кузнецова С.Н. Цветоводство: учебное пособие. Тверь: Тверская ГСХА, 2016. 182 с.
6. Красильникова Е.В., Тюлина А.В., Кольцова А.А. К вопросу о формировании идентичности молодежи в условиях становления гуманистической модели образования // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. URL: www.science-education.ru/129-21701 (дата обращения: 26.03.2021).
7. Авадьева Е.Н. Энциклопедия русской усадьбы. М.: ОМА-ПРЕСС, 2020. 383 с.

УДК 372.881.161.1

ЧИТАТЕЛЬСКАЯ ГРАМОТНОСТЬ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ИНДИКАТОР ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГРАМОТНОСТИ

Круглова Е.Н.*ОГБОУ ДПО «Костромской областной институт развития образования», Кострома,
e-mail: ekruglova55@rambler.ru*

В статье освещаются особенности работы учителей по формированию читательской грамотности на уровне основного общего образования. Функциональная грамотность рассматривается как триггер и инструмент системных изменений в кадровой политике, повышения квалификации, формирования горизонтальных связей педагогов, вовлечения в эти процессы родителей. Целью исследования являются отбор и апробация наиболее эффективных методов и приемов формирования читательской грамотности обучающихся. Статья посвящена возможностям включения в образовательную деятельность заданий, способствующих развитию у учащихся способности понимать, анализировать и оценивать прочитанную информацию с целью ее использования в практической жизни. Обращается внимание на важность создания и поддержания благоприятной психологической атмосферы в классе, необходимой для вовлечения всех учащихся в учебную деятельность. Подчеркивается важность реализации принципов дифференциации и индивидуализации в обучении для успешного овладения видами чтения. Рассматриваются эффективные методические приемы работы с текстом, делающие процесс обучения более продуктивным. Отмечается роль таких видов учебной деятельности, как проектная и игровая, способствующих формированию коммуникативной компетенции. Полученные результаты показали, что материалы могут быть использованы при разработке спецкурсов, программ стажировок, тренингов, факультативов по русскому языку и литературе.

Ключевые слова: функциональная грамотность; читательская грамотность; виды чтения; активное чтение; приемы визуализации; типы текстов

READING LITERACY AS THE MOST IMPORTANT INDICATOR OF FUNCTIONAL LITERACY

Kruglova E.N.*Kostroma Regional Institute for the Development of Education, Kostroma,
e-mail: ekruglova55@rambler.ru*

The article highlights the features of the work of teachers on the formation of reader literacy at the level of basic general education. Functional literacy is considered as a trigger and a tool for systemic changes in personnel policy, professional development, the formation of horizontal connections of teachers, and the involvement of parents in these processes. The purpose of the study is to select and test the most effective methods and techniques for the formation of students' reading literacy. The article focuses on the possibilities of including tasks in educational activities that contribute to the development of students' ability to understand, analyze and evaluate the information they read in order to use it in practical life. Attention is drawn to the importance of creating and maintaining a favorable psychological atmosphere in the class, necessary for the involvement of all students in educational activities. The importance of the implementation of the principles of differentiation and individualization in teaching for the successful mastery of types of reading is emphasized. Effective methodological techniques of working with text that make the learning process more productive are considered. The role of such types of educational activities as project and game activities contributing to the formation of communicative competence is noted. The results obtained showed that the materials can be used in the development of special courses, internship programs, training programs, electives in the Russian language and literature.

Keywords: functional literacy; reading literacy; types of reading; active reading; visualization techniques; text types

Одной из главных проблем современной дидактики является не формирование элементарной грамотности, подразумевающей умение читать и писать, а выработка навыков XXI века, связанных с функциональной грамотностью. Следует разграничивать понятия «чтение» и «функциональное чтение». Одно из положений концепции Л.С. Выготского гласит: «Чтение – сложный процесс, в котором непосредственное участие принимают высшие психические функции в части мышления» [1, с. 100]. Без чтения «невозможно развитие и самообразование, которое продолжается в течение всей жизни. Содержание текста всегда имеет множество степеней свободы: разные люди понимают

один и тот же текст по-разному в силу своих индивидуальных особенностей и жизненного опыта» [1, с. 100]. Функциональная грамотность сегодня – это базовое образование личности. Ребенку важно обладать: готовностью успешно взаимодействовать с изменяющимся окружающим миром; возможностью решать различные (в том числе нестандартные) учебные и жизненные задачи; способностью строить социальные отношения; совокупностью рефлексивных умений, обеспечивающих оценку своей грамотности. Поэтому основополагающим в области развития функциональной грамотности является определение А.А. Леонтьева: «Функционально

грамотный человек – это человек, который способен использовать все постоянно приобретаемые в течение жизни знания, умения и навыки для решения максимально широкого диапазона жизненных задач в различных сферах человеческой деятельности, общения и социальных отношений» [2, с. 3]. Центральным аспектом функциональной грамотности является читательская грамотность – способность обучающихся к осмыслению текстов, к использованию их содержания для достижения собственных целей, для развития своих знаний и возможностей. Читательская грамотность служит ключом к формированию всех видов функциональной грамотности: математической, читательской, естественно-научной, финансовой, глобальных компетенций и креативного мышления.

В мире накоплен значительный опыт формирования и оценивания читательской грамотности, прежде всего в исследованиях PIRLS и PISA (PIRLS – международный проект «Изучение качества чтения и понимания текста» для обучающихся 4-го класса; PISA – международная программа по оценке образовательных достижений, оценивается сформированность функциональной грамотности обучающихся 8–9-х классов). В России этот компонент функциональной грамотности вошел в образовательный процесс и практику оценки. С введением ФГОС НОО и ООО начался новый этап разработки отечественного инструментария оценки читательской грамотности, особенность которого – выявление уровня сформированности особой группы умений, связанных с использованием информации из текста для различных целей.

Особое значение развитию читательской грамотности придают такие исследователи, как И.Д. Фрумин, М.И. Кузнецова, М.А. Пинская, Г.А. Цукерман, Г.С. Ковалева. В частности, в книге Фрумина «Неожиданная победа: российские школьники читают лучше других» были представлены результаты углубленного анализа данных международного сравнительного исследования качества чтения и понимания текста PIRLS [3]. В своих исследованиях многие ученые проводят анализ, позволяющий наметить путь совершенствования методики обучения осознанному чтению текстов, раскрывают суть проблемы перехода от обучения чтению к чтению для обучения [4–6].

Систематическая, планомерная работа над разными видами чтения является показателем ряда трудностей, которые есть всегда. Они выходят за рамки собственно словесности. Сегодня обучающиеся обладают

узким словарным запасом. Кроме того, не всегда они готовы принять непривычный способ трансляции материала, не умеют подтверждать достоверность информации личным опытом. Обучающиеся видят факты, но не могут найти смысловое ядро, так как им мешает фрагментарность восприятия. Опыт показывает, что над этой проблемой надо работать коллективно учителю-предметнику, родителю и обучающемуся. Для результативности и повышения качества обучения целесообразно применять в практике преподавания русского языка и литературы личностно-ориентированный подход, предполагающий «использование различных методов и приемов в зависимости от целей обучения, вида формируемой речевой деятельности, этапа обучения, осваиваемого языкового материала, возраста учащихся и др.» [7, с. 65]. Большую роль играет и персонифицированная модель обучения, под которой понимают «организацию учебного процесса с учетом индивидуальных психологических особенностей учащихся», позволяющую «создать оптимальные условия для реализации потенциальных возможностей каждого обучающегося» [7, с. 77]. Таким образом, в процессе обучения и создаются условия для успешного формирования навыков чтения. Современный педагог должен включать в структуру урока задания, которые выполнят двойную нагрузку: учат предметному знанию и формируют навыки функциональной грамотности. Сегодня актуально создание сборников, демонстрирующих лучшие практики развития читательской грамотности [8–10].

Научная новизна работы состоит в попытке осмысления читательской грамотности как инструмента изучения качества образования. При этом упор делается на эффективные приемы работы с текстом: работа на уроке с неочевидной информацией, требующей вскрытия подтекста; работа с избыточной информацией; работа со смешанным текстом; работа с заданиями рефлексивного типа. Региональные комплексы заданий являются авторскими, апробированы и представлены на всероссийском уровне впервые. Актуальность исследования заключается в том, что на сегодняшний день грамотность чтения входит в перечень предметов международного исследования, именно этой составляющей функциональной грамотности уделяется большое внимание.

Цель исследования: отбор и апробация наиболее эффективных методов и приемов формирования читательской грамотности обучающихся 8-х и 9-х классов.

Материалы и методы исследования

Методология исследования основана на сочетании проектирования различных способов организации учебной деятельности школьников, изучении истории вопроса, анализа и обобщения передового педагогического опыта с учетом формирования навыков читательской грамотности.

Для апробации отобранных материалов и выявления эффективности действующих методик был взят контингент обучающихся 8–9-х классов городских общеобразовательных школ, лицеев и гимназий.

Результаты исследования и их обсуждение

С 2019 г. данный вопрос обсуждался в рамках стажировочной площадки «Научно-методическое сопровождение освоения педагогами общеобразовательных организаций методов и технологий формирования функциональной грамотности (читательской грамотности)» (приказ департамента образования и науки Костромской области № 2427 от 31 декабря 2019 г.). В современном российском образовании заложен устойчивый интерес к процессу формирования функциональной грамотности обучающихся, разработаны и изучены теоретические обоснования и подходы к их применению в собственной педагогической практике. В Костромской области дополнительным фактором явилось включение региона в федеральный мониторинг в 2022 г. (международное исследование PISA). Вместе с тем педагоги испытывают дефицит в позитивных образцах при проектировании «ситуационных знаний», «учебной самостоятельности школьника», являются заказчиками методического сопровождения с использованием специально созданных зон для профессиональных проб. Форма стажировки в процессе повышения квалификации используется регулярно и результативно. Так, образовательные организации города Костромы имеют многолетний опыт участия в реализации дополнительной профессиональной программы «Инновационная деятельность в сфере образования». Вместе с тем специфика объекта внедрения – «функциональная грамотность» – предполагает иные механизмы и инструменты методического сопровождения педагогов, проектирование способов организации учебной деятельности школьников на способы повышения квалификации учителей, организацию учебного сотрудничества. Основным средством контроля является ежегодный мониторинг достижения запланированных результатов по коли-

чественным и качественным показателям – внешняя экспертиза.

Промежуточные результаты были обсуждены на экспертном совете по итогам работы 2022 г. и представлены на межрегиональной практико-ориентированной конференции в Ленинградской области «Формирование функциональной читательской грамотности: вызовы и эффективные образовательные практики». Кроме того, рабочей группой был создан сборник заданий по формированию читательской грамотности для обучающихся 8–9-х классов, который успешно применяется разными регионами как в учебном процессе (на уроках русского языка), так и в курсе внеурочной деятельности (в профориентационном аспекте: знакомство посредством текстовой деятельности с профессиями будущего).

Полученные результаты показали, что апробированные материалы могут быть использованы при разработке спецкурсов, программ стажировочных площадок, учебных программ, факультативов по русскому языку и литературе.

Функциональное чтение всегда должно иметь некую результирующую составляющую. Оно является аналитическим: при чтении надо понимать, зачем и с какой целью осуществляется чтение. Этот процесс аккумулирует все читательские навыки, его нельзя изъять из общего круга жизни, так как необходимо привлекать знания из различных областей, сюжетов, жанров, типов текста. Кроме того, ежедневно обучающиеся сталкиваются с разными способами трансляции информации: диаграммами, таблицами, инструкциями. Это выходит за рамки предметного чтения в классическом понимании, схоластическом, но все это базируется на текстах, основано на них. Читательская грамотность позволяет человеку понимать, оценивать тексты, размышлять о них и заниматься чтением для того, чтобы достичь своих целей. Такое функциональное чтение предполагает три единства: понимание, осмысление, рефлексия формы и содержания.

Прикладное чтение базируется на работе с фактом, который лежит в основе любой предметной дисциплины. В тексте мы должны найти факты, зафиксировать их, выстроить системные взаимосвязи, интерпретировать, проанализировать и уже тогда давать оценку. Необходимо понять, как эта информация транслируется и зачем написан текст. Когда проводятся все эти операции, не всегда приходит осознание того, что это происходит одновременно. Данные навыки следует выработать у обучающихся, чтобы они могли в оперативной памяти деко-

дировать смысл любого текста и понимать его назначение. Важно уметь извлекать эту информацию, интегрировать, интерпретировать, понимать и анализировать текст. Опора на внетекстовые знания помогает перейти к навыкам следующего порядка. Поэтому важно научить учеников работать с заданным форматом и типом текста, будь это иконический знак, визуальное изображение либо линейный текст. Чем квалифицированнее читатель, тем эффективнее он владеет навыками поискового чтения, сразу видит в тексте нужные смыслы, маркеры. Но сначала мы должны провести подрастающего читателя через все виды чтения: *изучающее* (медленное, от первой буквы до последней), *ознакомительное* (когда полнота понимания составляет 75% информации), *просмотровое* (когда мы должны определить явные смыслы в этом тексте). И только тогда мы можем подвести к *поисковому* чтению, когда человек действительно читать уже умеет.

Кроме того, сами тексты очень изменились. Еще 30 лет назад школьный учебник строился линейно, текст не был монтажным по своей природе. Сегодня нам приходится работать и со статическими, и с динамическими текстами. Мы должны научить обучающихся распознавать их и работать с ними одновременно.

Линейный, или сплошной, текст – это тип текста, состоящий из вербальных единиц, структурированных в языковые синтагмы (фразы, предложения, абзацы и др.). Так написаны произведения литературы, параграфы учебника. Но это уже не самый частый тип текста, с которым мы встречаемся в повседневности.

Несплошные тексты построены на особых связях информационных единиц (таких как таблицы, графики, диаграммы, инструкции, каталоги, схемы (кластеры), географические карты и карты местности, входные билеты). Несплошной текст – это единый файл, информация дается в рамках единого зрительного поля.

Комбинированные тексты соединяют в себе элементы сплошного и несплошного текстов. Обучающиеся очень любят работать с таким типом текстов, их интересно смотреть, читать, так как информация полифонична по способу презентации материала. В нем есть и графический компонент, и цифровой компонент, и собственно текст. Но информация носит взаимодополняющий характер.

Составные тексты – это уже объединение нескольких файлов. Они могут быть независимыми друг от друга, а могут перекликаться тематически или противоре-

чить друг другу, могут отличаться по формату: таблица, линейный текст или смешанный текст.

Информация в любом из текстов может быть различная: структурированная и неструктурированная, подробная или сжатая, главная и второстепенная, объективная или субъективная, избыточная или недостаточная, вербальная и визуальная. Эти фильтры должны действовать по отношению к любому тексту, который мы читаем. Мы – поколение визуалов, поэтому факты говорят о другом типе взаимоотношений с информацией. Например, пользователи читают всего $\frac{1}{4}$ текста на веб-странице, остальное воспринимают визуально; наличие цветной картинки на 80% повышает вероятность того, что текст рядом с ней не будет прочитан; текстовые этикетки понятны на 70%, а этикетки с картинками – на 95%; люди пересказывают 80% того, что видели или делали, 20% того, что читали, и только 10% того, что слышали.

Активизировать познавательную деятельность обучающихся может способ подачи учебной информации, которая сегодня чаще всего представлена нелинейно, заложена в иллюстрациях, таблицах и схемах. Инфографика – это визуально упрощенное представление сложных данных, направленное на привлечение внимания и передачу информации в понятной и доступной форме. Это универсальные приемы работы с текстом. Мы должны анализировать огромный объем текстов, сопоставлять вербальные и графически компоненты. Сегодня любая работа в классе – это микроисследование. Как здесь не выстроить логические цепочки, как не дифференцировать, не обобщить информацию? Например, на уроке литературы мы могли бы предложить целый линейный текст на тему «Чтение в России», но предлагаем в группах поработать с диаграммой и ответить на вопросы. Из материалов инфографики обучающиеся находят факты, интерпретируют и анализируют полученную информацию:

– что является источником пополнения книжного запаса для читателя? Какое количество книг покупается читателями в магазине? (Основные книги для чтения (22%) приобретаются в магазине);

– верно ли утверждение о том, что у родственников и друзей мы берем больше книг, чем покупаем в магазине? (Утверждение неверное, так как только 13% книг берется у родственников и друзей (ср. с п. 1));

– опровергают ли приведенные данные мнение о том, что чтение книг сегодня не интересно никому? (Статистические данные опровергают мнение о том, что чте-

ние не интересно никому, потому что менее половины (40%) людей не являются читателями, в то время для 60% чтение является актуальным процессом), и т.д.

Мы видим, что обучающиеся находят факты и смело их интерпретируют, но с трудом большинству удается выстроить связные высказывания, так как не хватает аргументации, умения выстроить единый смысловой план. Учителя должны понимать, что задачи перед ними другие. Чтение – процесс универсальный, его мы не можем оценивать только на предмете и по прежней шкале. В рамках школьного стандарта мы привыкли к тому, что ответ либо правильный, либо нет. Специалисты в области формирования и оценки функциональной грамотности подмечают, что международные исследования предлагают политомическую систему оценивания [11–13]. Ответ может быть верным/неверным, верным частично, при определенных условиях (как правило, иногда). Обстоятельства уступки точны, важны, когда мы говорим о работе с информацией, поступающей по разным каналам. Такая система оценивания является востребованной в наши дни.

Заключение

Поиск продуктивных стратегий, методов и приемов обучения навыкам функциональной грамотности привел к отказу от намерения ограничиться рамками учебных предметов «Русский язык», «Литература»: процесс декодирования, освоения и интерпретации художественного текста, способы трансляции информации отличаются от работы с множественными текстами в рамках читательской грамотности. Дихотомическая система оценивания переходит в политомическую.

В учебном процессе мы рекомендуем активно использовать задания нового формата для всех категорий обучающихся. Активизировать познавательную деятельность может способ подачи учебной информации, которая сегодня чаще всего представлена нелинейно, заложена в иллюстрациях, таблицах и схемах. В тексте любого формата педагоги учат находить факты, фиксировать их, выстраивать системные взаимосвязи, интерпретировать, анализировать и уже тогда давать оценку. Важно научить обу-

чающихся понимать смысл и назначение текста. Современный педагог старается включать в структуру урока задания, которые способны выполнять двойную нагрузку: учить предметному знанию и формировать навыки функциональной грамотности. А читательская грамотность является ключом к формированию всех видов функциональной грамотности.

Список литературы

1. Леонтьев А.А. Основы психолингвистики. М.: Смысл, 1997. 287 с.
2. Образовательная система «Школа 2100». Педагогика здравого смысла: сб. материалов / под науч. ред. А.А. Леонтьева. М.: Баласс, Издательский дом РАО, 2003. 368 с.
3. Неожиданная победа: российские школьники читают лучше других / под науч. ред. И.Д. Фрумина. М.: Изд. дом гос. ун-та – Высшей школы экономики, 2010. 284 с.
4. Гостева Ю.Н., Кузнецова М.И., Рябинина Л.А., Сидорова Г.А., Чабан Т.Ю. Теория и практика оценивания читательской грамотности как компонента функциональной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. Т. 1. № 4. С. 34–57.
5. Ковалева Г.С., Васильевых И.П., Гостева Ю.Н., Демидова М.Ю., Иванова Л.Ф., Рослова Л.О., Рутковская Е.Л. Метапредметные результаты. Стандартизированные материалы для оценки читательской грамотности. 5 класс: пособие для учителя / под ред. Г.С. Ковалевой, Е.Л. Рутковской. М.: СПб.: Просвещение, 2020. 160 с.
6. Цукерман Г.А., Ковалева Г.С., Кузнецова М.И. Становление читательской грамотности, или Новые похождения Тяни-Толкая // Вопросы образования. 2015. № 1. С. 284–300.
7. Азимов Э.Г., Щукин А.Н. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам). М.: Издательство ИКАР, 2009. 448 с.
8. Внедрение функциональной грамотности: региональный опыт: сборник научных трудов / под ред. Г.С. Ковалевой. М.: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2022. 319 с.
9. Забродина Н.П. Читательская грамотность: пособие по развитию функциональной грамотности старшеклассников. М.: Академия Минпросвещения России, 2021. 80 с.
10. Криволапова Н.А. Внеурочная деятельность. Программа развития познавательных способностей учащихся. М.: Просвещение, 2012. 47 с.
11. Борисова Н.В., Николаевская Е.Л. Развитие читательской грамотности как компонента функциональной грамотности: учебно-методическое пособие: в 2 ч. Ч. 1. Краснодар: ГБОУ ИРО Краснодарского края, 2020. 100 с.
12. Козлова В.Ю. Методика развития функциональной грамотности у учащихся средней школы // Гуманитарные научные исследования. 2019. № 8. URL: <http://human.snauka.ru/2019/08/25961> (дата обращения: 25.11.2022).
13. Решетникова О.А. Подходы к оценке функциональной грамотности в контрольных измерительных материалах государственной итоговой аттестации // Педагогические измерения. 2020. № 2. С. 4–7.

УДК 372.8:378.1

ОБОСНОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛОВ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ

Назарова Ж.А.*ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург,
e-mail: ZhNazarova2020@gmail.com*

В данной статье приводится обоснование необходимости изучения разделов начертательной геометрии и инженерной компьютерной графики согласно исторически сложившейся структуре изложения материала на примере изучения данной дисциплины в двух семестрах первого курса. После внедрения компьютерной графики в геометро-графическую подготовку студентов часто стали публиковаться работы, посвященные экспериментам внедрения компьютерной графики наряду с отменой подробного изучения разделов начертательной геометрии (преобразование чертежа, построение сечений, определение линий пересечения плоскостей и поверхностей) и инженерной графики (эскизирование деталей с натуры, расчет элементов стандартных изделий, элементы и параметры резьбы), объясняя это тем, что графический редактор все сделает за инженера и не обязательно много времени уделять ручному труду. Автор статьи анализирует общепринятое отношение к этим экспериментам. В противовес ему выделяются аргументы, доказывающие необходимость последовательного изучения всех разделов без отмены или объединения некоторых: отсутствие эпизодичности в изложении материала, невозможность изложения темы без изучения предыдущей; развитие пространственного мышления студентов происходит во время решения практических задач самостоятельно, а не посредством получения готового результата от САПР. Приводится авторская оценка необходимости подобных реорганизаций в рамках геометро-графической подготовки высшей технической школы.

Ключевые слова: начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, геометро-графическая подготовка, пространственное мышление, техническое образование, САПР

JUSTIFICATION OF THE CONSISTENT STUDY THE SECTIONS OF DESCRIPTIVE GEOMETRY AND ENGINEERING COMPUTER GRAPHICS

Nazarova Zh.A.*Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg, e-mail: ZhNazarova2020@gmail.com*

This article provides a justification for the need to study the sections of descriptive geometry and engineering computer graphics according to the historically established structure of the presentation of the material by the example of studying this discipline in two semesters of the first year. After the introduction of computer graphics into the geometric and graphic training of students, works on experiments on the introduction of computer graphics were often published, along with the cancellation of detailed study of sections of descriptive geometry (transformation of the drawing, construction of sections, determination of lines of intersection of planes and surfaces) and engineering graphics (sketching details from nature, calculation of elements of standard products, elements and parameters of threads), explaining this by the fact that the graphic editor will do everything for the engineer and it is not necessary to devote a lot of time to manual labor. The author of the article analyzes the generally accepted attitude to these experiments. In contrast to it, there are arguments that prove the need for a consistent study of all sections without canceling or combining some: the lack of episodicality in the presentation of the material, the impossibility of presenting the topic without studying the previous one; the development of students' spatial thinking occurs while solving practical problems independently, and not by obtaining a ready result from CAD. The author's assessment of the need for such reorganizations within the framework of geometric and graphic training of the higher technical school is given.

Keywords: descriptive geometry, engineering and computer graphics, geometric and graphic training, spatial thinking, technical education, CAD

Современным педагогам-практикам часто видится необходимым внести новшества не только в методы преподавания, но и в структуру изложения изучаемого материала [1–3].

В данном исследовании проведен анализ классической структуры изложения материала по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика», а также дана оценка необходимости реорганизации образовательного процесса.

Цель исследования – обосновать последовательность изучения разделов начертательной геометрии и инженерной компьютерной графики, сложившейся исторически

в рамках высшей школы. Для этого выделяются особенности дисциплины, объясняющие формирование классической структуры изложения материала; приводятся аргументы, доказывающие пагубное влияние на качество геометро-графической подготовки студентов экспериментов по отмене или объединению в изучении некоторых разделов; анализируются публикации авторов, придерживающихся различных мнений по вопросам необходимости реорганизации учебного материала путем сокращения объема в пользу внедрения компьютерной графики.

Материалы и методы исследования

При написании статьи использовались теоретические методы исследования. Проводился анализ научной литературы, посвященной исследованиям в области применения компьютерной графики при изучении разделов начертательной геометрии и инженерной графики. Делался сравнительный анализ оценок необходимости менять структуру изложения учебного материала, данных разными авторами. Кроме того, стоит также отметить личный педагогический опыт автора.

Результаты исследования и их обсуждение

В Уральском государственном университете путей сообщения (г. Екатеринбург) дисциплина «Начертательная геометрия и инженерная компьютерная графика» изучается два семестра на первом курсе, при этом весь первый семестр посвящен изучению разделов начертательной геометрии, а во втором на фоне изучения теоретической базы по разделам инженерной графики происходит овладение навыками работы в графическом редакторе для выполнения практических заданий. Начертательная геометрия представлена 18 часами лекций и 18 часами практических занятий, а инженерная компьютерная графика – 36 часами работы в малых группах по 12–15 чел. на лабораторных занятиях.

В рамках начертательной геометрии изучаются следующие разделы: точка, прямая (виды, положение между собой и относительно точки), плоскость (виды, положение между собой, относительно точки и прямой), способы преобразования чертежа, поверхности (виды, пересечение с прямой, плоскостью и между собой, натуральная величина сечения, тела с вырезом), развертки поверхности.

Традиционно многие считают необходимым в рамках начертательной геометрии рассматривать аксонометрические проекции [4]. Автору видится это нецелесообразным по нескольким причинам:

- в рамках ограниченного учебного времени включение дополнительного раздела приведет к сокращению выделяемого времени на изучение остального материала;

- изучение аксонометрических проекций на фоне выполнения простейших геометрических тел не так практико-ориентированно, как изображение конкретных деталей сложных геометрических форм во время выполнения заданий инженерной графики по проекционному черчению, эскизированию деталей с натуры или во время детализирования сборочного чертежа.

На фоне внедрения компьютерной графики в геометро-графическую подготовку многие исследователи предлагают отказаться от подробного изучения начертательной геометрии (точка, прямая, перпендикулярность и параллельность прямых и плоскостей, способы преобразования чертежа), а если и говорят о необходимости рассмотрения пересечения плоскостей и поверхностей, то приводят аргументы, что средства систем автоматизированного проектирования сами могут выдать результат пересечения, не обязательно уделять так много времени ручному построению [5–7].

Как уже отмечалось автором [8], не стоит слишком полагаться на возможности систем автоматизированного проектирования. Задача геометро-графической подготовки в вузе не только научить специалиста работать с конструкторской документацией (читать и создавать), пользуясь современными техническими средствами, но и развивать его пространственное мышление. Это возможно только при самостоятельном решении практико-ориентированных задач, а не при использовании тех или иных операций систем автоматизированного проектирования [9, 10].

Последовательность изучения разделов начертательной геометрии также отмечается как фактор, осложняющий изучение дисциплины – пропуск одной темы влечет за собой сложности в восприятии последующих тем [11]. Тем непонятнее выглядят попытки практикующих исследователей отменить изучение способов преобразования чертежа, аргументируя тем, что сейчас все можно с любого ракурса рассмотреть в трехмерном пространстве графического редактора. Но как в дальнейшем построить натуральную величину сечения тела плоскостью без элементарных представлений о возможности преобразовывать положение объектов на чертеже – или эта тема тоже не должна изучаться, если в графическом редакторе есть возможность построить автоматически сечения [12]?

К обязательным для изучения разделам инженерной графики можно отнести следующие: проекционное черчение, аксонометрические проекции, эскизирование деталей с натуры, резьбы и соединения деталей, создание и детализирование сборочного чертежа.

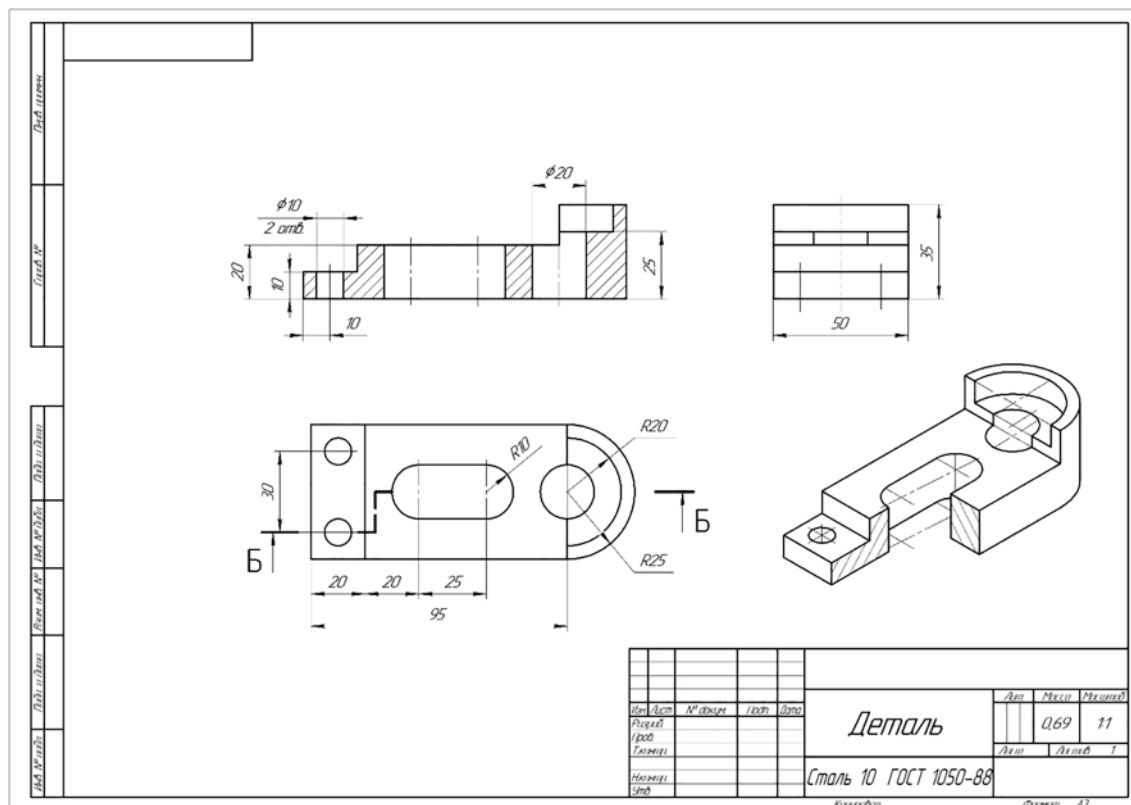
К специфическим разделам, которые могут изучаться студентами отдельных специальностей, например 08.03.01 «Строительство», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и др., – можно отнести: пер-

спективу, архитектурно-строительное черчение, проекции с числовыми отметками, зубчатые передачи, схемы электрические и т.д.

После исключения из школьной программы предмета «Черчение» студентам приходится в самом начале учебного года самостоятельно изучать материал, изложенный в ГОСТ 2.104-2006. «Основные надписи», ГОСТ 2.301-68. «Форматы», ГОСТ 2.302-68. «Масштабы», ГОСТ 2.303-68. «Линии», ГОСТ 2.304-81. «Шрифты», ГОСТ 2.306-68. «Штриховка», ГОСТ 2.307-68. «Размеры». И тем не менее только при выполнении задания по теме «Проекционное черчение» отрабатывается применение на практике всех этих нормативов одновременно, а также ГОСТ 2.305-2008. «Изображения – виды, разрезы, сечения», на изучении которого и построена вся тема.

В продолжение выполнения задания студенты вычерчивают аксонометрическую проекцию этой же детали с вырезом. Надо понимать, что это происходит примерно в конце февраля – начале марта, поэтому изложение теории об аксонометрических проекциях в декабре, как завершающий этап начертательной геометрии, было бы нелогичным, так как к моменту применения знаний на практике после пер-

вой в жизни студента сессии многое уже может быть забыто, и это может служить еще одним аргументом в пользу вынесения раздела начертательной геометрии во второй семестр. На рисунке показан пример выполнения задания «Проекционное черчение»: по заданным фронтальной и горизонтальной проекциям детали была создана трехмерная модель в масштабе 1:1, затем по ней был создан ассоциативный чертеж, выполнен ступенчатый разрез и нанесены размеры. На последнем этапе добавлена прямоугольная изометрия детали с вырезом по центру любого отверстия с ручным нанесением штриховки в плоскостях, попавших в разрез. Есть возможность во время построения трехмерной детали выбрать любой материал из библиотеки, тогда в основной надписи автоматически отразится вес изделия, на примере деталь выполнена из стали ГОСТ 1050-88 и ее масса 0,69 кг. На примере этого задания показано, как изучение разделов инженерной графики отражается в выполнении заданий посредством графического редактора в качестве инструмента [13], компьютерная графика не является отдельной дисциплиной, завершающей геометро-графическую подготовку студентов.



Пример выполнения задания «Проекционное черчение»

После изучения ГОСТов Единой системы конструкторской документации и применения их на практике во время выполнения проекционного чертежа детали можно приступать к эскизированию детали с натуры. Здесь возникает проблема: в домашней обстановке студента очень много деталей с резьбами, поэтому преподаватель либо запрещает использовать такие детали, либо оговаривается заранее, что эскиз не будет содержать информацию о резьбе. Интуитивно мы понимаем, что инженер при создании чертежа должен знать не только о правилах проекционного черчения, но и об эскизировании и резьбах, но в учебном процессе то, что будет на практике применяться одновременно, приходится изучать последовательно.

Эскизирование часто изучается не как отдельный раздел, а как вспомогательный материал для создания или детализирования сборочного чертежа [14]. Допустим, задание может выглядеть так: «По заданной сборочной единице создать эскизы оригинальных деталей и сборочный чертеж». У студентов возникает необходимость для выполнения одного задания изучить сразу два вопроса: эскизирование деталей с натуры и изображение сборочной единицы на чертеже. В результате преподаватель выдает одно задание, но времени на его выполнение тратится не меньше, чем на выполнение двух заданий: эскиз одной произвольной детали из домашней обстановки студента и создание сборочного чертежа со спецификацией посредством графического редактора на выданную сборочную единицу (чаще всего, это краны).

При этом без школьной геометро-графической подготовки студентам необходимо выполнить самостоятельно хотя бы один эскиз за время изучения дисциплины не столько для закрепления правил эскизирования, сколько для развития мышления. Пример из практики автора: для большинства студентов оказывается непосильной проблемой изобразить в двухмерном виде деталь, которая лежит в ладони, но если эта же деталь будет сфотографирована на смартфон с необходимых трех ракурсов, то, уже глядя на фотографию, студенты вычерчивают эскиз гораздо быстрее. Необходимо понимать, что при этом происходит подмена процессов: вместо передачи трехмерного объекта на плоское изображение студенты смотрят на цветное плоское изображение и вычерчивают такое же плоское изображение, но цвета графита от простого карандаша, это перерисовывание фотографий, а не эскизирование деталей с натуры.

В рамках изучения раздела «Резьбы и соединения деталей» рассматриваются различные виды резьб, их параметры и сферы применения, выполняется расчет параметров и вычерчивание стандартных резьбовых изделий и соединений, рассматриваются резьбовые и нерезьбовые соединения деталей.

Во время работы по созданию или детализированию сборочного чертежа студенты учатся оформлять пакеты конструкторской документации на сборочную единицу, читать готовые сборочные чертежи, могут как вспомогательный инструмент использовать эскизирование и изображение деталей в аксонометрических проекциях. И снова отметим, что помимо изучения нового материала по работе со сборочным чертежом, остаются в применении знания и навыки, полученные при изучении прошлых разделов, таким образом, и начертательная геометрия, и инженерная компьютерная графика отличаются от большинства изучаемых студентами дисциплин эффектом «снежного кома» – знания копятся на протяжении всего семестра, и на экзамене студент должен показать свое умение воспользоваться всеми полученными знаниями и навыками.

Также встречается изучение понятия «сборочный чертеж» только в рамках либо его создания, либо его детализирования. Поскольку это два противоположных действия: создание студентом самостоятельно пакета конструкторской документации на изделие и умение читать уже кем-то созданный сборочный чертеж и получать из него максимум информации, – то можно сказать, что при объединении этих разделов одна грань развития геометро-графической подготовки студента остается нераскрытой.

Часто на примере создания или детализирования сборочного чертежа применяются современные интерактивные формы обучения, например работа команды над одним проектом. Попытки объединения или исключения некоторых разделов из учебной программы при этом чаще ведут к тому, что несколько объемных в информационном смысле тем изучаются весьма поверхностно, а проект, рассчитанный на выполнение несколькими студентами, выполняет один более ответственный студент. Поэтому необходимо тщательно продумывать, каким образом внедрять командную работу в учебный процесс, чтобы у одних студентов не возникало возможности переложить свои задания на других студентов, чья оценка может стать ниже, если они откажутся работать за всю команду.

Заключение

В рамках данной статьи автор хотел еще раз акцентировать внимание практикующих педагогов геометро-графических дисциплин, что внедрение компьютерной графики в классическую структуру геометро-графической подготовки студентов может служить лишь инструментом по выполнению заданий на более качественном уровне по точности и аккуратности в более краткие сроки. Но возможности графических редакторов не должны искоренять ручной труд студентов в решении практических задач, что также отмечается другими исследователями [15], поэтому необходимо с осторожностью подходить к изменению структуры изложения изучаемого материала, особенно с целью что-то сократить.

Во-первых, возможности графического редактора ограничены тем, что в него заложено разработчиками, а в случае решения нестандартной задачи инженер должен сам применить знания и методы решения или показать на пути развития разработчикам графических редакторов.

Во-вторых, в рамках изучения геометро-графических дисциплин студенты не только учатся формировать пакеты конструкторской документации средствами современных технологий, но также происходит развитие их пространственного мышления, а при упрощении уровня задач и уменьшении их количества эта цель останется недостижимой.

Компьютеризация выполнения заданий, изложения материала, а в последние пару лет и внедрение электронных образовательных систем при всей положительности с точки зрения соответствия современным реалиям и требованиям к современному специалисту не должны отражаться на фундаментальности изучаемого материала, каким бы образом он ни преподносился современным студентам. Работа в графическом редакторе не должна исключать ручной труд, непосредственно связанный с интеллектуальным трудом студента.

Список литературы

1. Евсеева Е.Г. Новые подходы к геометро-графической подготовке студентов технического университета // Геометрия и геометрическое образование: сборник трудов IV Международной научной конференции (к 80-летию Е.В. Потоскуева) (Тольятти, 29–30 ноября 2019 г.) / Под общ. ред. Р.А. Утеевой. Тольятти: Тольяттинский государственный университет, 2020. С. 189–194.
2. Никитин А.Ю., Федяшина М.А., Гулева Л.В. Совершенствование методики разработки заданий для выполнения расчетно-графических и контрольных работ по инженерно-графическим дисциплинам // Высшее образование сегодня. 2022. № 3–4. С. 63–67. DOI: 10.18137/RNU.NET.22.03-04.P.063.
3. Содикова М.Р. Интегрированный учебный модуль «Начертательная и инженерная геометрия, инженерная и компьютерная графика» для получения системного знания // Вестник науки и образования. 2022. № 5–1 (125). С. 57–60.
4. Чекмарев А.А. Начертательная геометрия: учебник для прикладного бакалавриата. М.: Юрайт, 2019. 147 с.
5. Бочарова И.Н., Демидов С.Г. О содержании курса инженерной графики в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2018. № 2 (10). С. 5–8. DOI: 10.30853/pedagogy.2018-2.1.
6. Подосенов Т.С., Морозов А.С., Гладкий Д.И. Worldskills как элемент совершенствования стандартов подготовки кадров в технических вузах // Научно-технические ведомости Севмашвуза. 2019. № 1. С. 31–33.
7. Аносова А.И., Косарева А.В. Подготовка студентов по дисциплине начертательная геометрия и инженерная графика в условиях компьютеризации обучения // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции (Иркутск, 17–18 марта 2022 г.). Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. С. 341–345.
8. Назарова Ж.А. Начертательная геометрия – неотъемлемая составляющая современного технического образования или пережитки прошлого? // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 1. С. 166–170. DOI: 10.17513/snt.39027.
9. Пьянкова Ж.А. Формирование готовности студентов оперировать пространственными объектами в процессе изучения геометро-графических дисциплин: дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2015. 174 с.
10. Старостина А.Н. Экспериментальная проверка уровня развития пространственного воображения студентов // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 83–1. С. 91–94. DOI: 10.18411/trnio-03-2022-25.
11. Вольхин К.А. Начертательная геометрия глазами студентов // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. 2019. Т. 1. С. 30–38.
12. Гиль М.Н. Функция автоматизированного выполнения динамических 2D и 3D блоков-сечений твердотельных моделей в AUTOCAD // Инженерная и компьютерная графика: сборник научных статей VII Региональной студенческой научно-технической конференции по инженерной и компьютерной графике с международным участием (Брянск, 14 апреля 2022 г.). Брянск: Брянский государственный технический университет, 2022. С. 21–26.
13. Семенов В.А., Вахитова Р.Г., Зиганшина Ф.Т. КОМПАС-3D как инструмент освоения графических дисциплин // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2021. № 2 (36). С. 127–131. DOI: 10.17122/2541-8904-2021-2-36-127-131.
14. Дебеева С.А., Чернобровкина Е.И. Формирование графических навыков в современном инженерном образовании // Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Абакан, 14–16 ноября 2022 г.) / Науч. и отв. ред. Д.Ю. Карандеев. Абакан: Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, 2022. С. 127–129.
15. Бобрович В.А., Войтеховский Б.В., Исаченков В.С. О преподавании машинной графики в БГТУ // Высшее техническое образование. 2020. Т. 4. № 1. С. 36–39.

УДК 372.857

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА*

Потапкин Е.Н.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: potapkin-ev@yandex.ru

В статье рассматривается проблема методического обеспечения полевого биологического практикума, который используется в качестве средства формирования исследовательских умений у старшеклассников в процессе изучения растительного организма. Утверждается, что использование в образовательном процессе современной школы полевого практикума связано с решением учителем биологии нескольких групп проблем, среди которых ведущее место занимают проблемы его методического обеспечения. Биологический полевой практикум является сложным структурным образованием, поэтому в составе его методического обеспечения были определены целеполагающий, содержательный, деятельностно-управленческий и контрольно-коррекционный компоненты. Для каждого компонента предлагался собственный функционал, позволявший учителю биологии организовать работу по нескольким направлениям: формирование основных исследовательских умений старшеклассников, совершенствование их биологической подготовки и оказание помощи в определении будущей профессии. В ходе экспериментальной деятельности были подготовлены программы элективного курса «Изучение растительного организма в условиях полевого практикума» и собственно полевого практикума, варианты обучающих и контролирующих заданий для формирования и развития у обучающихся старшего школьного возраста основных умений, необходимых для ведения эффективной исследовательской работы. Результаты заключительного этапа экспериментальной работы по разработке методического обеспечения биологического полевого практикума позволили отметить достигнутые позитивные успехи обучающихся.

Ключевые слова: методическое обеспечение, элективный курс, исследовательская деятельность, полевой биологический практикум, исследовательские умения, старшеклассники, учитель биологии

**Исследование выполнено в рамках Конкурса научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева» (тема «Биологический полевой практикум как средство формирования исследовательских умений школьников»).*

METHODOLOGICAL SUPPORT OF RESEARCH ACTIVITIES OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN THE CONDITIONS OF A FIELD BIOLOGICAL WORKSHOP

Potapkin E.N.

M.E. Evsevev Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, e-mail: potapkin-ev@yandex.ru

The article deals with the problem of methodological support of a field biological workshop, which is used as a means of forming research skills in high school students in the process of studying a plant organism. It is argued that the use of a field workshop in the educational process of a modern school is associated with the solution of several groups of problems by a biology teacher, among which the leading place is occupied by the problems of its methodological support. The biological field workshop is a complex structural formation, therefore, goal-setting, substantive, activity-management and control-correctional components were identified as part of its methodological support. For each component, its own functionality was offered, which allowed the biology teacher to organize work in several areas: the formation of the basic research skills of high school students, improving their biological training and assisting in determining the future profession. In the course of the experimental activity, the elective course programs "Studying a plant organism in a field workshop" and the actual field workshop were prepared, as well as variants of training and control tasks for the formation and development of basic skills necessary for conducting effective research in high school students. The results of the final stage of experimental work on the development of methodological support for the biological field workshop made it possible to note the positive achievements of the students.

Keyword: methodological support, elective course, field biological workshop, research activity, research skills, high school students, biology teacher

В современных условиях осуществлять полноценный и, самое главное, эффективный образовательный процесс учителю помогает учебно-методический комплекс по предмету. Компоненты данного комплекса могут создаваться на разных уровнях: федеральном, региональном и школьном. Как правило, на первых двух уровнях раз-

рабатываются для использования в общеобразовательных организациях учебники и методические рекомендации для учителей, в которых представлены описания учебных занятий. Здесь же можно отметить и подготовку разнообразных пособий для обучающихся, в первую очередь контрольно-тренировочного характера.

Школьный уровень предполагает разработку таких компонентов учебно-методического комплекса, которые в полной мере отражают специфику общеобразовательной организации. Именно благодаря таким разработкам учителя имеют возможность организовывать на базе своей школы внеурочную деятельность в ее исследовательском варианте, на что ориентируют требования ФГОС [1]. Наиболее распространенными компонентами, которые разрабатываются на уровне школы, выступают авторские программы элективных курсов, рекомендации по организации деятельности исследовательских групп, указания для обучающихся разных возрастов по овладению теоретическим материалом, а также по совершенствованию практических умений и т.п.

Важность разработки на школьном уровне подобных материалов определяется тем, что в последние годы пристальное внимание уделяется формированию у выпускников общеобразовательных организаций таких компетенций, которые будут способствовать их полноценной адаптации в обществе. Среди указанных компетенций особое место занимают исследовательские, развитие которых осуществляется в условиях специфического вида деятельности.

Организация исследовательской деятельности старшеклассников при обучении биологии – процесс сложный, эффективность которого определяется в первую очередь тем, какими средствами для его реализации обладает учитель. Это обусловлено использованием в современной школе самых разнообразных форм организации учебного процесса [2]. Каждая из них ориентирована на достижение определенных результатов, например на уроках происходит формирование теоретических знаний о биологических системах различных уровней сложности или приобретение умений выполнять несложные эксперименты в лабораторных условиях.

Однако имеется такая форма организации, которая еще не заняла своего законного места в системе школьного биологического образования. Это полевой практикум, в условиях которого осуществляется взаимосвязанная учебно-познавательная деятельность, ориентирующая обучающихся на использование теоретических знаний непосредственно в природе с целью формирования практических, например исследовательских, умений [3].

Кроме того, значение полевого практикума определяется еще и тем, что он позволяет эффективно и всесторонне развивать личность школьника, причем те ее стороны, которые в условиях классного уро-

ка бывает проблематично формировать из-за жесткого лимита времени. Это выражается в расширении благотворного влияния, которое оказывает природное окружение на школьников, а также вовлечении их в природоохранную и просветительскую деятельность [4].

Следующим аспектом, определяющим значимость полевого биологического практикума в обучении биологии, является его ориентация на развитие познавательных способностей учащихся, которые приобретают навыки самостоятельного и критического мышления в процессе выполнения заданий, как правило, повышенной сложности, требующих нестандартного, творческого решения [5].

Однако при организации полевого практикума учитель биологии может столкнуться с рядом серьезных проблем, среди которых разработка его методического обеспечения, выступающая в качестве цели нашего исследования.

Материалы и методы исследования

Организация исследования предполагала использование соответствующих методов научного познания, в том числе теоретических – анализ педагогической и методической литературы, обобщение сведений о полевом биологическом практикуме, его значении в формировании исследовательских умений старшеклассников и роли в этом процессе специального методического обеспечения; эмпирических – наблюдение и обобщение опыта учителей по организации полевого биологического практикума и формированию исследовательских умений обучающихся, опрос родителей о значении полевого практикума в биологической подготовке старшеклассников, педагогический эксперимент и анализ его результатов [6, 7].

Достижение учителем позитивных результатов в условиях полевого практикума возможно, если учитываются следующие факторы:

- 1) готовность и способность обучающихся осуществлять разнообразные виды исследовательской деятельности в естественных условиях;

- 2) формирование у школьников потребности использования теоретических знаний и практических умений в усложняющихся ситуациях;

- 3) эффективное применение способов контроля и оценки результатов исследовательской деятельности обучающихся, позволяющих выявлять у них особенности продвижения от намеченной цели до получения и презентации результатов.

В условиях школьного обучения исследовательская деятельность предстает в качестве одного из ведущих направлений развития личности, когда важным становится не собственно научное открытие, а то, какими умениями овладевает школьник. В этой связи учитель биологии имеет возможности для формирования и развития следующих групп умений:

- реферативно-проблемных, представляющих собой комплекс действий обучающихся, направленных на поиск, фиксирование, обработку и последующее использование информации, необходимой для формулирования и решения проблемы исследования при разработке соответствующего методологического аппарата;

- аналитико-синтетических, ориентированных на использование разнообразных методов научного исследования, в том числе наблюдений за живыми организмами, условиями их существования в естественной и искусственной средах; биологических экспериментов; способов фиксации, обработки, использования количественных и качественных результатов наблюдений и экспериментов;

- рефлексивно-прогностических, представляющих комплекс действий обучающихся, предполагающих оценивание и объяснение результатов выполненного исследования с обязательным определением перспектив его использования.

Формирование исследовательских умений обучающихся в условиях биологического полевого практикума связано с решением учителем следующих проблем:

- организационных, определяющихся неготовностью руководства общеобразовательной организации вносить коррективы в структуру, содержание и финансовое обеспечение учебно-воспитательного процесса, особенно связанные с затратами на приобретение необходимого оборудования и осуществление экскурсионно-экспедиционной деятельности;

- предметных, выраженных в недостаточном полном знании учителями местных объектов природы и не позволяющих им использовать возможности территорий для проведения экскурсионно-экспедиционной деятельности и полевого практикума [8];

- методических, вызванных недостаточным обеспечением исследовательской деятельности обучающихся в полевых условиях.

Организационные проблемы могут быть разрешены при условии подготовки учителем объективных предложений по осуществлению практической подготовки обучающихся в природе и на базе лабораторий центра образования естественнонаучной

направленности «Точка роста», которые созданы в школах в рамках Национального проекта «Образование». С этой целью разрабатывается график включения полевого практикума в структуру годового плана работы школы, с обязательным расчетом финансовых затрат.

На стадии подготовки материалов к заседанию педагогического совета школы по организации полевого практикума параллельно решаются вопросы совершенствования предметной подготовки учителей биологии, для чего им предоставляется возможность пройти курсы переподготовки, ориентированные на овладение технологиями исследовательской деятельности.

Обязательным этапом подготовки биологического полевого практикума является разработка его методического обеспечения, которое включает следующие компоненты: целеполагающий, содержательный, деятельностно-управленческий и контрольно-коррекционный.

Целеполагающий компонент предполагал организацию изучения обучающимися 10–11 классов растительного организма и растительных сообществ через овладение старшеклассниками специальными умениями, включающими определение предметного поля исследования и соответствующего ему методологического аппарата; планирование деятельности по достижению и презентации предполагаемых результатов; развитие коммуникативных умений при выполнении творческой деятельности в коллективе единомышленников.

Реализация заявленной цели практикума осуществлялась через решение следующих задач: развитие у обучающихся основных видов умений, необходимых для ведения исследовательских работ по изучению растительных объектов в природных/лабораторных условиях; приобщение школьников к культуре общения при выполнении совместной исследовательской деятельности во временном научном коллективе; обучение старшеклассников умениям самостоятельно оценивать собственные достижения и достижения других участников при выполнении и презентации различных исследований.

Содержательный компонент предполагал разработку двух составляющих – элективного курса «Изучение растительного организма в условиях полевого практикума», реализация которого осуществлялась в течение учебного года во внеурочное время, и собственно полевого практикума, который проводился в летний период времени. Материалы элективного курса предназначались для того, чтобы подготовить обучающихся

к овладению исследовательскими умениями по изучению растительных объектов в естественных и искусственных условиях. Содержание летнего полевого практикума позволяло закрепить приобретенные умения в ходе выполнения реальных исследований растительных организмов и сообществ через специально подобранные задания.

Разработка содержания полевого практикума базировалась на следующих принципах:

- принципа научности, в основе которого находится оптимальный отбор учителем направлений исследовательской деятельности исходя из современного уровня развития биологии, педагогики, методики обучения биологии;

- принципа интеграции, осуществляемого на уровне реализации как внутри-, так межпредметных связей при выполнении школьниками исследовательской работы по изучению растительного организма [9];

- принципа единства теории и практики, реализуемого через систему теоретических знаний старшеклассников, которые находят свое применение и развитие в исследовательских умениях [10];

- принципа профессиональной целесообразности, позволяющего обучающимся, на основе оптимального содержания, методов, форм педагогического процесса успешно определить перспективы профессионального самоопределения;

- принципа политехнизма, предполагающего реализацию возможности обучающимся переносить приобретенные компетенции из одной научной области, например биологии, в другую [11].

Материалы данного компонента потребовали разработки соответствующих рекомендаций для учителей биологии и обучающихся. Рекомендации для учителей содержали описание этапов формирования исследовательских умений старшеклассников с характеристикой используемых в этом процессе форм, методов и средств, а также раскрытием особенностей выбора объектов для изучения. Рекомендации для обучающихся ориентированы на овладение алгоритмов осуществления исследовательских работ по изучению растительных объектов в условиях полевого практикума.

Деятельностно-управленческий компонент базировался на материалах содержательного компонента и реализовывался в рамках следующих направлений:

- изучение в полевых и частично в лабораторных, условиях особенностей внешнего и внутреннего строения, физиологических процессов, мест и особенностей распространения представителей растительного мира;

- определение роли растительных организмов в различных природных сообществах на примере типичных для Республики Мордовия;

- выявление влияния антропогенных факторов на состояние основных природных экологических систем местности проживания обучающихся;

- изучение фольклорных материалов, традиций и обычаев русского и мордовского народов, в которых обозначены проблемы сохранения растительного мира.

Для реализации первого направления были разработаны следующие задания:

1. Во время экскурсии в лесное сообщество произведите сбор растений пяти видов семейства Сложноцветные, или Астровые (Compositae, или Asteraceae). Изучите особенности их внешнего строения и заполните таблицу, структуру которой разработайте самостоятельно.

2. Используя интернет-источники, материалы Красной Книги Республики Мордовия и личные наблюдения во время экскурсий, выполните подбор информации об особенностях распространения на территории, прилегающей к рабочему поселку Николаевка, представителей семейств Розоцветные (Rosaceae) и Злаковые, или Мятликовые (Poaceae, или Gramineae). Результаты оформите в виде электронной презентации, сопровождающейся сообщением.

Изучение растительных организмов в рамках второго направления осуществлялось при использовании следующих заданий:

1. На основании собранных во время экскурсий материалов подготовьте доклад на тему «Основные лесообразующие породы и их биологические особенности на примере растительного сообщества “Зеленая роща”».

2. Выступите в качестве рецензента сообщения по итогам исследовательской работы на тему «Основные лесообразующие породы и их биологические особенности на примере растительного сообщества “Зеленая роща”», для чего разработайте необходимые критерии.

Третье направление предполагало использование групповой формы организации исследовательской деятельности, выражением которой выступали следующие задания:

1. Сформируйте группу из 4–5 своих одноклассников и выполните совместно с ними в течение вегетационного периода исследовательскую работу «Влияние антропогенной нагрузки на видовой состав и обилие розоцветных (Rosaceae) в условиях лугового сообщества в окрестностях районного поселка Николаевка». Результа-

ты групповой исследовательской работы представьте на заседании ученического научного общества в форме защиты.

2. Выполните коллективный анализ исследовательской работы «Влияние загрязнения окружающей среды на состояние растительности рабочего поселка Николаевка», разработав для этого матрицу с необходимыми критериями.

Четвертое направление реализовывало деятельностно-управленческий компонент и основывалось на выполнении обучающимися следующих заданий:

1. Разработайте содержание опроса жителей рабочего поселка Николаевка, который позволяет выявить народные традиции по сохранению многообразия растительного мира.

2. Проведите опрос местных жителей, используя материалы задания 1. Сформулируйте предложения по использованию полученных данных в природоохранной работе школы.

3. На основании собранных фольклорных материалов разработайте вариант сценария школьного праздника «Растения в местных легендах и сказаниях».

Управление исследовательской деятельностью со стороны учителя осуществлялось по нескольким взаимосвязанным направлениям. Во-первых, учитель мог осуществлять полноценное руководство исследовательской деятельностью обучающихся, которые испытывали проблемы на всех этапах самостоятельного познания окружающего мира.

Во-вторых, учитель мог выступать в качестве равноценного партнера, выполняющего свою, заранее определенную, часть исследования, но готового поддержать старшеклассников, особенно в периоды возникающих у них затруднений.

В-третьих, учитель мог занимать позицию консультанта, разъясняющего проблемные ситуации, если инициаторами такого общения выступали старшеклассники.

В-четвертых, учитель являлся вдохновителем исследовательской деятельности группы активных и ответственных обучающихся, способствуя созданию для них оптимальных условий получения общественно значимых результатов.

Последний компонент методического обеспечения полевого биологического практикума – контрольно-коррекционный – потребовал разработки заданий для проведения диагностики сформированности исследовательских умений с последующей, если в этом возникала необходимость, их коррекцией. С этой целью разрабатывалось содержание занятия, которое проводилось

в два этапа: до начала эксперимента с целью определения стартового уровня сформированности исследовательских умений обучающихся и по его окончании для выявления динамики данного процесса. Особенностью таких занятий являлось то, что все задания, входившие в их состав, были практико-ориентированными. Продолжительность занятия составляла два дня по четыре часа, а местом его проведения стал учебно-опытный участок школы. Приведем содержание заданий:

1) Найдите на территории учебно-опытного участка школы цветущее растение, определите его видовую принадлежность. Выполните схематический рисунок и обозначьте части цветка данного растения.

2) Установите видовую принадлежность и жизненную форму шести растений учебно-опытного участка школы при помощи определителя. Разработайте и заполните таблицу «Растения и их жизненные формы», используя классификацию И.Г. Серебрякова.

3) Выполните биоморфологическое описание двух растений, которые вы определяли в задании 2. Результаты описания внесите в таблицу «Характеристика растений школьного учебно-опытного участка». При заполнении таблицы используйте параметры, изученные на занятиях элективного курса.

4) На территории учебно-опытного участка найдите по одному представителю следующих семейств растений: сложноцветные, розоцветные, злаковые, крестоцветные, бобовые. Определите видовую принадлежность данных растений, установите, на каком этапе жизненного цикла они находятся. Произведите подсчет численности данных растений на территории учебно-опытного участка. Результаты занесите в самостоятельно разработанную таблицу «Состояние и численность растений учебно-опытного участка». По итогам выполнения задания сформулируйте вывод.

5) Соберите материал для монтировки гербария из десяти наиболее распространенных видов дикорастущих растений учебно-опытного участка. Подготовьте данные для оформления этикетки каждого листа гербария.

С целью установления мнения родителей о результатах и необходимости использования в общеобразовательной организации биологического полевого практикума был проведен опрос, содержание которого представлено ниже:

1) Удовлетворены ли Вы структурой и содержанием занятий полевого биологического практикума?

2) Как Вы считаете, нравится ли Вашему ребенку изучать биологию в условиях полевого практикума?

3) Считаете ли Вы, что качество биологической подготовки Вашего ребенка улучшилось после занятий в условиях полевого практикума?

4) Считаете ли Вы, что после занятий в условиях полевого практикума Ваш ребенок будет способен добиться большего успеха во время итоговой государственной аттестации?

5) Считаете ли Вы, что занятия в условиях полевого практикума положительно сказались на потребности Вашего ребенка в общении:

а) со сверстниками;

б) с учителями?

6) Считаете ли Вы, что занятия в условиях полевого практикума положительно сказались на развитии у Вашего ребенка способности выполнять разные виды исследовательской деятельности?

7) Считаете ли Вы, что занятия в условиях полевого практикума положительно повлияли на уверенность Вашего ребенка в собственных силах при выполнении разнообразных видов биологических исследований?

8) Считаете ли Вы, что проведение полевого биологического практикума позволяет Вашему ребенку определить перспективы профессионального самоопределения?

9) Удовлетворены ли Вы качеством работы учителей биологии с обучающимися в условиях летнего полевого практикума?

10) Считаете ли Вы возможным рекомендовать администрации школы сделать проведение полевого практикума в летний период постоянным?

Базой проведения экспериментальной составляющей данного исследования выступила МОУ «Николаевская средняя общеобразовательная школа» г. Саранска Республики Мордовия. В эксперименте было задействовано 102 ученика из 10–11 классов.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе эксперимента было проведено сравнение стартового и итогового уровней сформированности основных исследовательских умений старшеклассников при использовании разработанного методического обеспечения полевого биологического практикума.

Для начального этапа исследования большинство показателей, продемонстрированных обучающимися, укладывались в рамки 23–37%, что являлось свидетель-

ством недостаточного развития у старшеклассников умений работы с растительными объектами (табл. 1). Исключение составили лишь такие умения, как установление численности определенных растений (52%) и отбор растений для гербария (80%), которые, как таковые, не относятся к собственно исследовательским и не требуют существенных усилий для их исполнения именно старшеклассниками.

После того, как в образовательный процесс школы был внедрен полевой биологический практикум вместе с соответствующим методическим обеспечением и прошла его двухгодичная апробация с привлечением обучающихся 10–11 классов, ситуация с формированием исследовательских умений изменилась в позитивную сторону. Об этом свидетельствуют следующие показатели.

Во-первых, обучающиеся стали лучше использовать определители для установления видовой принадлежности растений из разных мест обитания, в том числе через непосредственное наблюдение особенностей их внешнего строения. Этот показатель вырос на 32–38% при выполнении различных заданий.

Во-вторых, школьниками продемонстрирован стабильный рост в овладении такими исследовательскими умениями, как установление жизненной формы растений при помощи определителей (на 38%), выполнение биоморфологического описания растений на основе системы признаков (на 37%), установление этапа жизненного цикла растений (на 39%).

В-третьих, в среднем на 39% возросла способность старшеклассников обобщать полученные результаты с использованием табличных материалов и последующей формулировкой выводов.

В-четвертых, систематическое использование разнообразных заданий во время полевого практикума позволило повысить качество выполнения старшеклассниками схематичного изображения растительных объектов с обязательным обозначением их частей (на 37 и 34% соответственно).

На завершающей стадии эксперимента был проведен анонимный опрос 102 родителей старшеклассников, целью которого выступало определение их удовлетворенности качеством биологической подготовки участников полевого практикума (табл. 2). Оценивание осуществлялось по трехбалльной системе, где:

0 баллов – негативное отношение;

1 балл – неопределенное отношение;

2 балла – позитивное отношение.

Таблица 1

Результаты выполнения старшеклассниками заданий контрольных занятий

№ задания	Контролируемые умения, в том числе исследовательские	Количество обучающихся, владеющих умениями, %	
		До эксперимента	После эксперимента
1)	Определение видовой принадлежности цветущего растения	37	69
	Выполнение схематичного рисунка цветущего растения	34	71
	Распознавание и обозначение на схематичном рисунке частей цветка	34	68
2)	Установление видовой принадлежности растения при помощи определителя	37	75
	Установление жизненной формы растения при помощи определителя	37	75
	Заполнение таблицы	36	73
3)	Выполнение биоморфологического описания растений учебно-опытного участка по заданным параметрам	33	70
	Заполнение таблицы	34	73
4)	Определение видовой принадлежности растений конкретных семейств	37	70
	Установление этапа жизненного цикла определенных растений	26	65
	Установление численности определенных растений на территории учебно-опытного участка	52	75
	Заполнение таблицы	31	71
	Обобщение полученных данных и формулирование выводов	32	71
5)	Отбор растений для гербария	80	94
	Установление видовой принадлежности растений при помощи определителя	37	75
	Подготовка растений для монтировки гербария	23	68
	Оформление этикеток гербарных листов	28	84

Таблица 2

Результаты опроса родителей старшеклассников, принимавших участие в работе полевого биологического практикума

Количество родителей, выбравших вариант ответа / %	№ вопроса										
	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10
					а)	б)					
Негативное отношение	6/6	9/9	8/8	6/6	3/3	8/8	5/5	7/7	9/9	6/6	7/7
Неопределенное отношение	17/17	16/16	16/16	21/21	12/12	17/17	14/14	7/7	21/21	9/9	13/13
Позитивное отношение	79/77	77/75	80/76	75/73	87/85	77/75	83/81	88/86	72/70	87/85	82/80

Данные табл. 2 позволяют утверждать, что подавляющее число родителей позитивно отнеслись к идее использования полевого практикума, поскольку отмечена явная тенденция совершенствования качества биологической подготовки старшекласс-

ников. На это указали 76% опрошенных родителей, при этом 73% из них уверены, что занятия в условиях полевого практикума позволят школьникам добиться больших успехов во время итоговой государственной аттестации, а 70% родителей утвержда-

ют, что при этом может решиться проблема с профессиональным самоопределением. Родители (81%) отмечают, что за два года участия в эксперименте школьники значительно усовершенствовали свои исследовательские умения, на что в первую очередь и был нацелен полевой биологический практикум. Кроме того, многие из них считают, что участие школьников в биологических исследованиях положительно сказалось на их отношениях со сверстниками (85%) и с учителями (75%). К положительным сторонам использования полевого биологического практикума 86% родителей отнесли повышение уверенности старшеклассников в собственных силах при выполнении исследовательских работ с растительными объектами, а 80% родителей считают возможным рекомендовать администрации общеобразовательной организации осуществлять на постоянной основе проведение полевого практикума в летний период времени.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать выводы, важные для разработки методического обеспечения полевого биологического практикума, ориентированного на эффективное формирование исследовательских умений старшеклассников при изучении растений наших организмов.

1. Разработанное методическое обеспечение было призвано способствовать овладению старшеклассниками теоретическими основами исследовательской деятельности в рамках элективного курса с последующим развитием исследовательских умений в условиях собственно полевого биологического практикума.

2. Структуру методического обеспечения полевого практикума составили целеполагающий, содержательный, деятельностно-управленческий и контрольно-коррекционный компоненты, каждый из которых имел собственный функционал, что позволило учителю организовать свою работу по формированию основных исследовательских умений старшеклассников, совершенствованию их биологической подготовки и оказанию помощи в определении будущей профессии.

3. Экспериментальная проверка использования методического обеспечения полевого биологического практикума в реальных условиях общеобразовательной организации продемонстрировала положительную динамику в формировании у старшеклассников таких умений, как планирование исследовательской деятельности при установлении

присущей ей актуальности и проблемности; определение и овладение оптимальной методикой выполнения исследования с привлечением соответствующего инструментария, включая оборудования лабораторий центра образования естественнонаучной направленности «Точка роста»; способность обработки результатов выполненного исследования с последующей их презентацией и готовностью отстаивать собственную точку зрения во время научной дискуссии; организации делового общения при выполнении совместной работы в коллективе единомышленников при исследовании биологических объектов различных уровней сложности.

4. Обеспечение полевого практикума полноценным методическим сопровождением позволяет включить его в структуру обязательной подготовки старшеклассников, которые проявляют интерес к изучению современной биологии.

Список литературы

1. Федеральные государственные образовательные стандарты общего образования: биология. М.: Просвещение, 2012. 138 с.
2. Арбузова Е.Н. Методика обучения биологии: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2018. 274 с.
3. Янгильдина И.Я. Проектная и исследовательская деятельность по биологии в школе // Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов. Тамбов: Бизнес – Наука – Общество, 2013. С. 161–162.
4. Скоробогатова О.Н. Полевая летняя практика по экологии: учебно-практическое пособие. Нижневартовск: Издательство Нижневартовского государственного университета, 2013. 125 с.
5. Щеголева Н.В., Ревушкин А.С., Эбель А.Л. Полевой практикум по ботанике. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. 100 с.
6. Поддяков А.Н. Исследовательское поведение: стратегии познания, помощь, противодействие, конфликт. М.: Национальное образование, 2016. 301 с.
7. Толочина О.Г., Будаева Л.Н. Организация научно-исследовательской деятельности учащихся по биологии посредством элективных курсов «Нанотехнологии», «Биохимия» // Материалы VII Международной заочной конференции / Сост. М.В. Лозовская, Н.В. Смирнова. Астрахань: Инновационный естественный институт Астраханского государственного университета, 2014. С. 136–138.
8. Силаева Т.Б., Смирнов В.М. Использование местной флоры и фауны в преподавании биологии и экологии от школы до вуза // Интеграция образования. 2001. № 4. С. 88–90.
9. Хуторской А.В. Метапредметный подход в обучении: научно-методическое пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Эйдос: Издательство Института образования человека, 2016. 80 с.
10. Лапшина М.В., Романова Н.В. Исследовательский урок как средство формирования исследовательских умений при обучении биологии // Гуманитарные науки и образование. 2019. Т. 10. № 3. С. 88–92.
11. Панькина В.В., Жукова Н.В., Ляпина О.А. Повышение мотивации обучающихся к изучению химии через проектно-исследовательскую деятельность // Гуманитарные науки и образование. 2019. Том 10. № 2. С. 97–102.

УДК 378.1

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ПОЛОЖЕНИЙ СУБЪЕКТОЦЕНТРИРОВАННОГО ПОДХОДА

¹Птицына Е.В., ²Березина Т.И., ²Федорова Е.Н., ²Москаленко М.С.¹ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск,
e-mail: ptycina@yandex.ru;²ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Москва,
e-mail: fedorova.mpgu@yandex.ru

Формирование компетенций в профессии, ценностей и личностных качеств во взаимодействии с нацеленностью педагогического процесса на эффективность подготовки будущего учителя оказывает влияние на динамичность качественного функционирования педагогической системы. Для достижения основных целей и задач педагогического образования – подготовки субъекта деятельности необходимы новые подходы к содержанию, которые актуализируют и инициируют новые формы проявления субъектности будущего учителя. По мнению авторов, одним из таких педагогических подходов является субъектоцентрированный подход, который обеспечивает реализацию современной мировоззренческой позиции о созидательной роли будущего учителя как субъекта образования. В данной статье авторы раскрывают особенности профессиональной подготовки будущего учителя на основе положений субъектоцентрированного подхода, рассматривают его взаимосвязь с положениями деятельностного, аксиологического и культурологического подходов. Профессиональное развитие студента происходит через обогащение субъектного опыта в различных видах деятельности на основе взаимосвязи психолого-педагогических, технологических, методических знаний, умений студентов, которые определяют их готовность к педагогической деятельности. По мнению авторов, реализация субъектоцентрированного подхода в профессиональной подготовке будущего учителя позволяет изменить позицию студента как субъекта деятельности и наделять его важными характеристиками, которые позволяют ему формировать опыт решения задач в педагогической деятельности и создать условия для построения индивидуально-субъектной траектории профессионального развития. Все эти характеристики позволяют создать системообразующие связи, способствующие его самореализации и саморазвитию в самостоятельной педагогической деятельности.

Ключевые слова: субъектоцентрированный подход, профессиональная подготовка, будущий учитель, деятельностный подход, культурологический подход, аксиологический подход, высшее педагогическое образование

PROFESSIONAL TRAINING OF THE FUTURE TEACHER BASED ON THE PROVISIONS OF THE SUBJECT-CENTERED APPROACH

¹Ptitsyna E.V., ²Berezina T.I., ²Fedorova E.N., ²Moskalenko M.S.¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: ptycina@yandex.ru;²Moscow Pedagogical State University, Moscow, e-mail: fedorova.mpgu@yandex.ru

The formation of competencies in the profession, values and personal qualities in interaction with the focus of the pedagogical process on the effectiveness of the training of future teachers have an impact on the dynamism of the qualitative functioning of the pedagogical system. In order to achieve the main goals and objectives of pedagogical education – the preparation of the subject of activity, new approaches to the content are needed, which actualize and initiate new forms of manifestation of the subjectivity of the future teacher. According to the authors, one of such pedagogical approaches is the subject-centered approach, which ensures the implementation of the modern worldview position on the creative role of the future teacher as a subject of education. In this article, the authors reveal the features of the future teacher's professional training based on the provisions of the subject-centered approach, consider its relationship with the provisions of the activity, axiological and cultural approaches. The professional development of a student takes place through the enrichment of subjective experience in various types of activities based on the interrelation of psychological and pedagogical, technological, methodological knowledge, skills of students, which determine their readiness for pedagogical activity. According to the authors, the implementation of a subject-centered approach in the professional training of a future teacher allows changing the position of a student as a subject of activity and endowing him with important characteristics that allow him to form an experience of solving problems in pedagogical activity and create conditions for building an individual-subject trajectory of professional development. All these characteristics will allow creating system-forming connections that contribute to his self-realization and self-development in independent pedagogical activity.

Keywords: subject-centered approach, professional training, future teacher, activity approach, cultural approach, axiological approach, higher pedagogical education

В условиях социально-экономических преобразований в России возникает необходимость серьезных изменений в системе образования вообще, и высшем образовании в частности. Современные требования

к качеству профессиональной подготовки будущего учителя активизировали процесс оптимизации системы педагогического образования, которое, выступая социокультурным институтом в духовно-нравствен-

ном и интеллектуальном развитии страны, ориентировано, прежде всего, на гуманистические и демократические ценности.

Цель исследования заключается в определении особенностей реализации субъектоцентрированного подхода в профессиональной подготовке будущего учителя в вузе. В контексте заявленной проблемы авторы делают акцент на изменение позиции будущего учителя как активного субъекта педагогического процесса.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели были использованы следующие методы: анализ научной литературы по рассматриваемой теме; изучение педагогического опыта.

Результаты исследования и их обсуждение

Формирование компетенций в профессии, ценностей и личностных качеств во взаимодействии с нацеленностью педагогического процесса на эффективность подготовки будущего учителя оказывает влияние на динамичность качественного функционирования педагогической системы. Виталий Александрович Сластенин пишет: «Вполне очевидно также, что по своему содержанию педагогическое образование должно стать практическим человекознанием, своего рода педагогической антропологией» [1]. Среди актуальных направлений педагогического образования можно выделить:

- поддержку системы непрерывного образования учителя, его психологического сопровождения;
- усиление воспитательной работы;
- совершенствование содержания образования, обеспечивающего готовность будущего учителя к самостоятельной, компетентной и ответственной педагогической деятельности, к самосовершенствованию и самообразованию.

Современные образовательные и воспитательные концепции опираются на общечеловеческие ценности, где главной является Человек, деятельность которого определяется общественными установками и личностными потребностями. Для достижения цели педагогического образования – подготовки субъекта деятельности необходимы новые подходы к содержанию, которые актуализируют и инициируют новые формы проявления субъектности будущего учителя. При этом субъект-субъектные отношения модернизируются в сторону формирования целостной личности. Одним из таких концептуальных педагогических подходов, обеспечивающих реализацию современной

мировоззренческой позиции о созидающей роли будущего учителя как субъекта образования, является субъектоцентрированный подход.

И.А. Лескова описывает его принципы: «субъекта как системообразующего фактора; признания субъекта как источника активности, проявляющейся в разнообразных формах; психолого-педагогического обеспечения включения субъектного опыта как важного компонента когнитивной деятельности; холизма, ориентирующего на целостное изучение и свободу выбора содержания образования; удовлетворения познавательных потребностей обучающихся; обеспечения коммуникативной активности субъектов» [2].

При этом профессиональная подготовка будущего учителя отличается многоплановостью, это обусловлено многоаспектностью содержательных линий работы в образовательных организациях: познавательно-коммуникативного, социально-личностного, художественно-эстетического развития подрастающего поколения, «в условиях педагогического процесса важным является передача опыта, воспитание культуры, создание условий для личностного развития» [3]. Студент – будущий учитель должен быть субъектом созидающей деятельности (творящий, добывающий креативные знания и интегрирующий их в свою педагогическую деятельность).

Важным компонентом готовности личности к осуществлению профессиональной деятельности является наличие знаний и компетенций, методов и технологий на каждом этапе ее реализации. В структуре профессиональной готовности к осуществлению педагогической деятельности выделяют:

- эмоционально-волевой компонент (наличие положительных эмоций к профессиональной деятельности, вера в свои силы, способность ставить и решать поставленные задачи);
- ценностно-мотивационный компонент (интерес, ценностные ориентации, смыслы, отношение к деятельности, настрой на достижение успешности в профессии);
- деятельностный компонент (способности к определению целей, задач и этапов деятельности, использование средств и технологий на основе личных возможностей и ресурсов);
- оценочный компонент (оценка и самооценка результатов, способности вносить коррективы и устранять недостатки).

Важным вектором профессионального становления будущего учителя должно стать формирование компетенций, компетентностей и метапрофессиональных

и личностных качеств, развитие ценностно-смысловых ориентаций [3] и педагогических ценностей. На наш взгляд, субъектоцентрированный подход расширяет границы и усиливает содержательную сторону деятельностного, культурологического и аксиологического подходов профессиональной подготовки будущего учителя в культурно-образовательной среде вуза. Рассмотрим их подробнее.

Так, профессиональное развитие студента происходит через обогащение субъектного опыта в различных видах деятельности на основе взаимосвязи психолого-педагогических, технологических, методических знаний, умений студентов, которые определяют их готовность к педагогической деятельности. Деятельностный подход изменяет содержание взаимодействия преподавателя и студента, а процесс обучения выступает как совместная деятельность, сотрудничество, при котором формируется ценностное отношение к педагогической деятельности, создаются и вырабатываются механизмы решения поставленных целей и задач в процессе совместного поиска.

Включение будущего учителя в разнообразные виды деятельности создает условия для их саморазвития, профессиональной подготовки и творчества. Таким образом, профессиональная направленность активности личности заключается в реализации субъектом своих интересов, в практическом участии будущего учителя в педагогической деятельности [4]. Профессионально-педагогическая активность – определенная позиция субъекта, в которой выражается ее отношение к воспитанникам и деятельности, при этом мера активности зависит от степени заинтересованности личности в разрешении профессиональных проблем.

В свою очередь, субъектоцентрированный подход расширяет границы аксиологического подхода, который «представляет собой ориентацию на культурные ценности, в соответствии с которыми происходит отбор содержания и использование инструментария его реализации» [5]. В процессе ценностно-ориентационной деятельности необходимо уделять внимание выявлению основополагающих ценностей, определению субъективных ценностных ориентиров, обоснованию необходимости и важности ценностных категорий. Профессиональная подготовка субъекта – будущего учителя выстраивается на основе приоритетов общечеловеческих и культурных ценностей; максимального раскрытия его личностного потенциала на основе взаимопомощи и поддержки; учета их потенциальных возможностей и мотивации.

Культурологический подход является методологическим основанием для реализации культурно-творческих функций современного образования в направлении формирования педагогической культуры педагога, его личностного открытия в культуре и созидательном творчестве. С позиции культурологического подхода образовательный процесс предстает как особая сфера содействия ее культурному развитию и саморазвитию. Формирование чувства сопричастности к российской идентичности, традициям и культуре необходимо начинать с воспитания подрастающего поколения в рамках школьного образования, используя современные средства и методы, с пониманием запросов сегодняшнего мира. Следовательно, культурологический подход расширяет культурные основы содержания педагогического образования, создает условия для развития и саморазвития будущего учителя в культурно-образовательной среде: культуры жизненного самоопределения, творческой индивидуальности.

В контексте профессиональной подготовки «деятельного» субъекта в вузе происходит «ориентация на готовность к практической деятельности при возможном расширении выбора путей и сфер деятельности» [6]. Задача преподавателя высшей школы состоит в создании культурно-образовательной среды для профессионального становления и развития будущего учителя на основе положений субъектоцентрированного подхода. Следовательно, преподавателю необходимо рассматривать преподаваемую дисциплину из более широкого пространства культуры: история открытий, жизненный путь творцов, особенности отношений этой науки со смежными дисциплинами на разных этапах исторического развития.

В этом контексте важно обеспечивать целостное междисциплинарное содержание и комплексное учебно-методическое сопровождение. В основе содержания психолого-педагогических дисциплин лежит базовая часть, содержание которой обусловлено требованиями федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по направлениям подготовки «Педагогическое образование». Психолого-педагогические и специальные дисциплины представляют собой единый комплекс, который изучается студентами по программам бакалавриата и магистратуры. Они раскрывают вопросы:

– планирования и организации образовательного процесса с обучающимися разного возраста;

- постановки актуальных проблем современного педагогического знания и поиска путей их решения через анализ практического опыта педагогов;

- анализа теоретических и научно-исследовательских трудов;

- изучения истории развития системы образования и его теоретических основ в контексте развития российской системы обучения и воспитания.

В основе данных процессов лежат способности будущего учителя работать с информацией, получаемой из различных источников, путем ее верификации, а также конструировать объективные знания о педагогической деятельности. Использование гаджетов подготовило ситуацию, способную формировать новые способы получения знаний и их презентацию. К сожалению, студенты стремятся к получению быстрой и легкой информации, не требующей глубокого анализа учебной проблемы. Интернет становится главным и единственным помощником, а «добытая» информация не коррелирует с традиционным понятием «знание».

Виртуальное взаимодействие субъекта и объекта изменило традиционные ценностные ориентиры, в частности интеллектуальная деятельность субъекта сузилась до поиска информации, и практически полностью закрыло диалоговое окно с самим собой (аналитику, основанную на выявлении причинно-следственных связей, умение рассуждать, аргументировать, находить сильные и слабые стороны той или иной научной разработки). В контексте исследуемой проблемы важно научить будущего учителя критическому анализу информации с целью определения актуальности, достоверности, полноты; интегрировать осмысленное знание и практические виды деятельности; овладеть методами и приемами профессиональных действий на основе полученных знаний.

Реализация субъектоцентрированного подхода позволяет систематично подойти к проблеме формирования навыков самостоятельной учебной рефлексии субъекта – будущего учителя. В процессе рефлексии будущий учитель проявляет умения оперировать способами анализа, оценки, самоконтроля и приемами коррекции когнитивной и эмоционально-волевой сферы. При этом важным фактором является организация мотивированной творческой деятельности. Эффективный мотивационный фон складывается при условии установления коммуникативных связей участников образовательного процесса, стимулирования практических действий будущего учителя

в их собственной познавательной деятельности. В таком случае конструктивным инструментом является диалог, позволяющий студентам демонстрировать результаты обучения и оценивать их самостоятельно. Будущий учитель, находясь в культурно-образовательной среде, богатой плодотворными возможностями, совершает наиболее значимый для нее выбор.

В рефлексии проявляется личностное начало будущего учителя: его личностные качества, профессиональные ценностно-смысловые установки, модели поведения. Для успешного освоения теоретических дисциплин, в том числе психолого-педагогической направленности, необходим высокий уровень общего интеллектуального развития (восприятия, представлений, познавательных интересов), который характеризуется широким кругом логических операций. Посредством развитой рефлексии будущий учитель становится активным субъектом учебно-познавательной деятельности.

Важной частью реализации субъектоцентрированного подхода в профессиональной подготовке будущего учителя является педагогическая практика, на которой студенты используют опыт, полученный в результате учебной и внеучебной деятельности. В этом аспекте важно решить следующие задачи: обобщение педагогического опыта по обучению и воспитанию школьников; изучение их интереса к занятиям; планирование и организация различных форм учебной и внеучебной деятельности со школьниками; осуществление оценки достижений школьников, а также самооценки результатов собственной деятельности.

Таким образом, в контексте реализации субъектоцентрированного подхода важно выстраивать образовательный процесс вуза на основе следующих факторов:

- моделирование субъектами образовательной деятельности и образовательных потребностей на основе актуализации педагогического образования и его адаптации к изменениям развития общества на современном этапе;

- ориентация на будущего учителя как главного субъекта деятельности;

- обучение и воспитание будущего учителя как субъекта деятельного, продуктирующего коммуникативные связи в профессиональной среде;

- обеспечение целостного содержания образования на основе межпредметных связей и комплексного учебно-методического сопровождения с опорой на особенности, интересы, индивидуально-личностные ценностные ориентиры будущего учителя в профессионально-педагогической деятельности;

– принцип творческой активности будущего учителя, который должен быть готов конструировать собственное знание, формировать личный опыт педагогической деятельности.

Заключение

Реализация субъектоцентрированного подхода в профессиональной подготовке будущего учителя позволяет наделить студента, как субъекта деятельности, важными характеристиками: от проявления его субъектного опыта при решении познавательных задач в педагогической деятельности до построения его индивидуально-субъектного опыта и индивидуально-субъектной траектории профессионального развития, которые в дальнейшем создадут системообразующие связи, способствующие его самореализации и саморазвитию в самостоятельной педагогической деятельности.

Список литературы

1. Педагогическое наследие В. А. Славёнина: горизонты будущего: монография / Под редакцией Подымовой Л.С., Лукиновой А.В. М.: Изд-во Московского государственного педагогического университета, 2015. 204 с.
2. Лескова И.А. Субъектоцентрированный подход к построению содержания высшего образования // Научный диалог. 2015. № 12 (48). С. 430-440.
3. Птицына Е.В., Талых А.А. Профессиональная подготовка будущего учителя технологии: культурологический аспект // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 75-1. С. 125-128.
4. Шевченко Н.Н. Деятельностный подход к профессиональной подготовке будущего учителя в образовательном процессе университета // Проблемы современного образования. 2021. №5. С. 116-128. DOI: 10.31862/2218-8711-2021-5-116-128.
5. Федорова Е.Н. Ценостно-смысловая парадигма профессиональной педагогической деятельности // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 8. С. 342-345.
6. Салахова Р.И. Гуманистический потенциал культуры в решении социальных и нравственных проблем // Вестник Казанского университета культуры и искусств. 2006. №3. С. 14-18.

УДК 373.2

ОПЫТ ТРАНСЛЯЦИИ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В РАМКАХ СТАЖИРОВОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ

Саввина М.П.*МБДОУ ЦРР Детский сад «Улыбка», Чурапча, e-mail: savmarpet@mail.ru*

В данной статье представлен опыт реализации инновационного проекта «Цифровая трансформация образовательного пространства ДОУ» в статусе республиканской инновационной площадки. Проект реализуется системой проводимых мероприятий, включающих инновационную деятельность, организацией методической работы разного формата с педагогами и реализацией обучения педагогов цифровым инструментам. Значимость уделяется формированию компетентности в области создания обучающего контента для детей дошкольного возраста педагогами дошкольных учреждений и студентами-практиками. Описывается деятельность по модульной системе организации цифрового пространства в дошкольном учреждении. Распространение опыта работы детских садов в форме стажировочной площадки с использованием цифровых технологий показало эффективность сетевого взаимодействия. Раскрыт опыт внедрения цифровых технологий в образовательную деятельность сетевых дошкольных учреждений Чурапчинского улуса по проекту «Открытое образовательное пространство», объединяющее пять модулей интегративности. Цель стажировочной площадки – организация педагогического процесса в условиях реализации Федерального государственного образовательного стандарта дошкольной организации в рамках проекта «Образовательный кластер “Аһаһас эйгэ ситимэ”», который является республиканской инновационной площадкой Министерства образования и науки Республики Саха (Якутия). Она предназначена студентам, педагогам и специалистам дошкольных учреждений.

Ключевые слова: цифровые технологии, педагоги ДОУ, педагогический опыт, стажировочная площадка

EXPERIENCE OF BROADCASTING THE DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF PRESCHOOL INSTITUTIONS AS PART OF AN INTERNSHIP PLATFORM

Savvina M.P.*Kindergarten “Smile”, Churapcha, e-mail: savmarpet@mail.ru*

This article presents the experience of implementing the innovative project “Digital transformation of the educational space of the DOW” in the status of the republican innovation platform. The project is implemented by a system of ongoing events, including innovative activities, the organization of methodological work of various formats with teachers, and the implementation of teaching teachers digital tools. The importance is given to the formation of competence in the field of creating educational content for preschool children by preschool teachers and practical students. The article describes the activities of a modular system for organizing digital space in a preschool institution. The dissemination of the experience of kindergartens in the form of an internship platform using digital technologies has shown the effectiveness of network interaction. The article reveals the experience of introducing digital technologies into the educational activities of network preschool institutions of Churapchinsky ulus under the project “Open Educational Space”, combining five modules of integrativity. The purpose of the internship site is devoted to the problem of organizing the pedagogical process in the context of the implementation of the Federal State Educational Standard of preschool organizations within the framework of the project “Educational cluster “Ahaas eige sitime”, which is the republican innovation platform of the Ministry of Education and Science of the Republic of Sakha (Yakutia). It is intended for students, teachers and specialists of preschool institutions.

Keywords: digital technologies, preschool teachers, pedagogical experience, internship platform

Национальный проект «Образование», федеральные проекты задают приоритетные направления развития образовательной системы страны. В век цифровых технологий проект «Цифровая образовательная среда» определяет конкретные задачи для всех уровней образовательной системы Российской Федерации. В образовательных программах дошкольного образования отсутствует системный подход к обучению воспитанников дошкольного возраста.

В цифровой среде наблюдается нехватка программ, методических рекомендаций по цифровому образованию детей дошколь-

ного возраста. И если ФГОС начального общего и основного общего образования опираются на раздел «Информатизация», где систематически оснащают материально-техническим оборудованием, а также обеспечивают кадрами по внеурочной деятельности, то в детских садах отсутствует раздел информатизации. Поэтому педагоги дошкольных учреждений, в основном молодежь, более приспособленные к взаимодействию с современными технологиями, изучая и ориентируясь на передовой педагогический опыт, совершенствуют самообразование по области создания образовательного контента.

Цель работы – формирование процесса обучения, разработанного в информационно-образовательном пространстве как взаимодействие участников образовательного пространства, нацеленного на развитие интеллектуального потенциала обучающегося [1]; освоение педагогами дошкольных учреждений цифровых компетенций исходя из запросов участников образовательного процесса, а также распространение опыта по разным направлениям, так как цифровая среда стремительно пополняется новыми инструментами и сервисами.

Детский сад «Улыбка» с. Чурапча Чурапчинского улуса Республики Саха (Якутия) реализует проект «Цифровая трансформация образовательного пространства ДООУ» в статусе республиканской инновационной площадки. Проект реализуется системой проводимых мероприятий, включающих инновационную деятельность, организацией работы с педагогами по разным направлениям цифровой компетентности. Аналитические ресурсы позволяют отслеживать доступность, количество и качество пользования инновационными продуктами, созданными педагогами для педагогической и родительской общественности региона.

Материалы и методы исследования

В ходе освоения возможностей цифровой образовательной среды мы столкнулись с рядом проблем: это, во-первых, необходимость оснащения мультимедийным оборудованием, во-вторых, низкий уровень цифровых компетенций педагогов и ограниченность ресурсов для освоения этих навыков, в-третьих, осторожное отношение как родительского, так и профессионального сообщества к внедрению цифровых технологий в образовательный процесс дошкольников.

По результатам опроса по улусу «Определение уровня цифровой компетентности педагога ДООУ», в котором участие приняли 258 педагогов дошкольных организаций, выявлен низкий уровень цифровой компетентности. Опрос состоял из трех блоков: «Общие знания ПК и интернета», «Технология сетевого взаимодействия» (для работы с коллегами и родителями), «Создание, разработка цифровых продуктов».

Подводя итоги, опираясь на новейшие средства обучения, функционирующие в информационно-образовательной среде, мы провели онлайн-обучение «Использование IT-технологий в образовательном процессе». Согласно программе обучили в онлайн-режиме педагогов республики создавать личные сайты и цифровые продукты (викторины, дидактические игры и тесты)

с помощью онлайн-платформ Quizziz.com, Learning Apps, работать на видеоредакторах VideoPad, Movavi, Adobe Premier Pro, с Google-инструментами, а также основам анимации на Macromedia Flash и др. Появление новых средств, функционирующих на базе информационных и коммуникационных технологий, как аналоговой, так и цифровой формы реализации, использование которых существенно повышает мотивацию обучения. [2]. Обучение прошли более ста педагогов дошкольных учреждений со всей республики, что обеспечивает положительную динамику пополнения образовательным контентом, созданным педагогами на родном языке.

В последние годы в республике назрела необходимость создания образовательных материалов на родном языке, так как критически стоит проблема исчезновения родного якутского языка. Конкурирующие культуры входят в жизнь с помощью цифровых технологий, дети растут на российских, зарубежных контентах, происходит отторжение родного языка. А в республике детский образовательный контент единичен. Исходя из проблем, нами накоплен опыт организации и создания детского образовательного контента педагогами дошкольных учреждений.

Результаты исследования и их обсуждение

Для решения проблемы создано цифровое пространство в дошкольном учреждении, раскрывающее потенциал одаренности, для решения задач позитивной социализации и индивидуализации ребенка в совместной творческой деятельности, формирования компетенций «современного человека» в совместных цифровых проектах участников образовательного процесса, взаимодополняющих направлений по информатизации дошкольных организаций.

Цифровое пространство заполняют восемь модулей: тележурналистика, мультипликация, радиостудия, киностудия, технопарк, I-Иитээчи, медиалагерь «Патриот». По пяти модулям разработаны методики, раскрывающие организацию и создание условий для достижения образовательных, воспитательных целей.

Модуль I-воспитатель расширяет границы педагогов, внедряющих медиаресурсы в образовательную деятельность. Нацелен на повышение уровня медиа-информационной грамотности педагогов. Проводятся мастер-классы, обучи, курсы по освоению программ видеоредакторов, аудиоредакторов, графических редакторов. Систематически выпускается передача «I-воспитатель»,

«Тиһилик» в социальных сетях, платформах, нацеленная на раскрытие возможности, потенциала педагога дошкольного учреждения. Педагоги, владеющие цифровыми инструментами, проводят обучение, курсы как очно, так и онлайн.

Мобильное приложение «Улыбка», предназначенное для обмена информацией между участниками образовательного процесса, обеспечивает оперативность, доступность.

Приложение «Веселые ребята» представляет собой 3D-модель, ежедневно приветствующую детей на родном языке, обучающую правильному произношению, разговорному стилю, обогащению родной речи.

Музыкальный руководитель разработала платформу салон «Шалунишки», где систематически выкладывает разработки по музыкальному воспитанию, минусы и плюсы авторских произведений, созданные видеоклипы к песням и интерактивные игры, разработанные на платформе Learning Apps. Этот модуль нацелен на обогащение медиаконтентов для дошкольных учреждений.

Модуль медиалагерь «Патриот» производит набор детей, способных по технической направленности к осуществлению программ по робототехнике, тележурналистике, мультипликации, английскому языку. Модуль носит практико-ориентированный, воспитательный характер, приобщает детей к патриотическому осознанному отношению, любви к родине. Дети накапливают опыт, возможности в цифровой среде, развивают умения и навыки в мастер-классах специалистов данной области.

В модуле «Журналистика» совместно с детьми, педагогами и родителями издаем публикации в бумажном и электронном вариантах. Творческие разработки детей выкладываем в виртуальные галереи, выпускаем авторские сказки, стишки на миникнижках, отпечатываем рисунок, фотографии поделок.

Ко всем модулям прикреплены педагоги, внедряющие, апробирующие современные технологии в медийной среде детского сада. Каждый педагог систематически пополняет личный сайт, основной инструмент для взаимодействия с родителями и коллегами.

В данном модуле приобрели графические планшеты, принтеры, документ-камеры, игровые планшеты.

Каждая группа детского сада оснащена современным оборудованием, радиорубкой, принтером, экраном. С утра начинается физкультминутка-мультфильм, дети с удовольствием разминаются и усваивают изложенный материал. Ежедневно отводится минутка по слушанию сказок по ра-

дио на родном языке, стихов и рассказов воспитанников, педагогов и родителей. В телестудии систематически приобретаем соответствующую аппаратуру, обзавелись графическими планшетами. После обеда дети с удовольствием просматривают познавательную передачу «Тиһилик», где сами выступали, снимались, и начинают анализировать свои успехи и успехи друзей.

Стимулирование педагогов, разрабатывающих авторские контенты, ресурсы на родном языке, позволяет периодически пополнять детский образовательный контент.

Проектная деятельность по данным модулям вошла в число победителей на Всероссийском конкурсе Л.С. Выготского и распространена в Летней школе им. Л.С. Выготского. Удостоены «Жемчужины» в номинации «Медийный образ ДО» на Всероссийском конкурсе «Восемь жемчужин дошкольного образования». Разработанная педагогами платформа «TREND: навигатор в мир дошкольного детства» единственный портал для ДОУ на родном якутском языке. На платформе TREND размещены всего 3 блока: для детей, родителей и педагогов [3].

Ежегодно проводится литературный конкурс «Произведения для детей» для обогащения детской современной литературы, приобщения родителей и педагогов к творчеству.

Цифровые технологии позволяют вывести учебно-воспитательный процесс дошкольного учреждения на новый уровень по интерактивности, наглядности и объективности [4]. Умение разрабатывать и создавать цифровые образовательные продукты, контенты является главным приоритетом нового стиля педагога дошкольного учреждения.

Практическая значимость совершенствования организации деятельности инновационной площадки и сопровождения обучающихся вызвала потребность транслировать накопленный опыт в форме стажировочной площадки.

На стажировочной площадке «Открытое образовательное пространство “Аһаҕас эйгэ ситимэ”», проводимой Чурапчинским государственным институтом физической культуры и спорта, мы, как участники кластера, включились по направлению «Цифровая образовательная среда в открытом образовательном пространстве». В целом цель стажировочной площадки – организация педагогического процесса в условиях реализации ФГОС ДО в рамках проекта «Образовательный кластер “Аһаҕас эйгэ ситимэ”», который является республиканской инновационной площадкой Министерства

образования и науки Республики Саха (Якутия). Предназначена студентам, участникам образовательного процесса дошкольных образовательных учреждений.

Стажировка проводилась поэтапно: подготовительный, деятельностный и заключительный этапы. На подготовительном этапе участники кластера из восьми дошкольных учреждений разработали теоретико-методологическую основу программы стажировки, были определены координаторы, сопровождающие программу стажировочной площадки в условиях дистанционного взаимодействия, создана платформа для обратной связи участников стажировки. <http://sakharend.ru/page18008505.html>.

На деятельностном этапе участники кластера продемонстрировали особенности внедрения проекта в практическую деятельность дошкольных учреждений по пяти направлениям:

1. Вариативные формы организации открытого образовательного пространства.
2. Психолого-педагогическая поддержка детей раннего возраста.
3. Совместная работа с семьями.
4. Социальное партнерство.
5. Цифровая образовательная среда в ДОУ.

Программа стажировочной площадки носит практико-ориентированный характер, в том числе в формате дистанционного обучения. Участники кластера стремились освоить практико-ориентированную деятельность успешного функционирования и развития, повысили квалификацию. Слушателям были продемонстрированы модели внедрения цифровых технологий в образовательную деятельность дошкольных учреждений, опыт использования инструментов и сервисов, требующих изучения и освоения, таких как:

1. Прикладные программные средства и инструменты для создания образовательных контентов на родном языке [5]:

- виртуальные звуковые и музыкальные синтезаторы;
- программы создания презентаций;
- ресурсы для создания графики и инфографики;
- графические редакторы для верстки;
- использование видеоредакторов.

2. Цифровые ресурсы для создания портфолио, контентов, веб-сервисов:

- Google Формы;
- FlockDraw;
- Online Test Pad.

3. Открытые ресурсы, образовательные платформы и каналы:

- Learningsapps;
- Google Classroom;
- Youtube и др.

В ходе выявили особую заинтересованность слушателей в создании обучающего образовательного контента по региональному компоненту образовательной программы учреждений.

Участниками кластера разработаны статьи по внедрению цифровых технологий в образовательную деятельность дошкольных учреждений для включения в учебно-методическое пособие «Информационная технология в открытом образовательном пространстве». Пособие предназначено студентам, обучающимся по специальности дошкольного образовательного учреждения, методистам ДОУ, практическим работникам.

Статьи в пособии отражают опыт использования цифровых технологий по всем направлениям ФГОС в дошкольных учреждениях. Рассматриваются опыт организации цифровой среды в дошкольном учреждении; создание платформ для взаимодействия участников образовательного процесса; формирования творческих задатков ребенка дошкольного возраста через использование мультимедийных технологий; приобщения дошкольников к техническому творчеству посредством Лего-конструирования и робототехники; повышения ИКТ-компетентности педагогов; социально-коммуникативного развития детей с ОВЗ в условиях мультимедийной «Радужные звуки». Представлен опыт использования логопедического стола «Алма» как эффективное средство в коррекционной работе; пошагово раскрыты технологии использования программ Lego Digital Designer в совместной с детьми деятельности; программы Flip-builder как наглядное пособие при работе с детьми. Отражены особенности организации детской телестудии «Ньургунун» как средства развития творчества, инициативности и самостоятельности детей старшего дошкольного возраста; организации развивающей среды для ранней профориентации детей старшего дошкольного возраста, и в создании электронных игр по сюжетам якутских народных сказок и олонхо.

На заключительном этапе обучающиеся стажировочной площадки предоставили свои разработки по организации открытого образовательного пространства по пяти направлениям проекта, обменялись опытом и выразили желание продолжать сотрудничество.

Практическая значимость мероприятия заключается во взаимодействии между слушателями и участниками кластера, позволяющего сопровождение в реализации программы стажировки и обратную связь в подаче объективной оценки созданных и представленных материалов.

Заключение

Стажировочная площадка обеспечила трансляцию, обмен накопленным опытом, расширила возможности для самообразования в условиях цифровой образовательной среды в дошкольных учреждениях, способствовала открытости образования, расширила количество участников в формировании и реализации образовательной политики региона, развитию инноваций в образовании.

Список литературы

1. Роберт И.В. Дидактика периода информатизации образования // Педагогическое образование в России. 2014. № 4. С. 199–204.
2. Роберт И.В. Цифровая трансформация образования: Ценностные ориентиры, перспективы развития. Россия: Тенденции и перспективы развития: ежегодник: материалы XX Национальной научной конференции с международным участием. (Москва, 2021). М.: Издательство Института научной информации по общественным наукам РАН, 2021. С. 868–876.
3. Саввина М.П. Мультимедиа-технологии как средство индивидуализации и позитивной социализации детей дошкольного возраста // Народное образование Якутии. 2020. № 6. С. 126.
4. Андреева Д.С. Роль медиаобразовательных технологий в деятельности педагога // Электронная газета: Интерактивное образование. 2015. № 60–61. URL: <http://www.io.nios.ru/articles2/74/10/rol-mediaobrazovatelnyh-tehnologiy-v-deyatelnosti-pedagoga> (дата обращения: 23.01.2023).
5. Панюкова С.В. Цифровые инструменты и сервисы в работе педагога: учебно-методическое пособие. М.: Про-Пресс, 2020.

УДК 378

РАЗВИТИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО И ЧАСТНОГО СЕКТОРОВ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЯПОНИИ

¹Степанов В.И., ²Степанова Н.В., ³Соколова И.В.¹*НЧОУ ВО Алтайский экономико-юридический институт, Барнаул, e-mail: institut@aeli.altai.ru;*²*Акционерное общество Научно-производственная фирма**«Информационные технологии», Москва, e-mail: dan@ipu.ru;*³*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, e-mail: irin-sokolova@yandex.ru*

Сфера высшего образования во всех развитых странах является разнообразной как по своим программам, так и по источникам финансирования. Как и в большинстве стран мира, в японской образовательной системе преобладает государственный сектор, объединяющий лучшие вузы. В высших учебных заведениях государственного сектора работают высококвалифицированные преподаватели, которые, кроме учебной работы, проводят глубокие научные исследования. Япония оказывает серьезное политическое, экономическое влияние на формирование ценностных ориентаций будущих поколений. Она запустила новую стратегию по созданию университетов мирового класса. Для этого правительство выбрало 6 из 86 имеющихся в стране национальных университетов и объявило их специализированными национальными университетами. В стране частный сектор высшего образования превосходит по размеру государственный. Однако качественные оценки говорят о том, что роль безусловного лидера принадлежит государственным учебным заведениям. В статье на примере таких университетов мирового уровня, как Токийский университет, Университет гигиены труда и окружающей среды, Университет Васэда, Университет Кейо, Токийский университет науки, представлены сравнительный анализ и основные характеристики образовательных практик передовых государственных и частных вузов Японии для формирования социального капитала.

Ключевые слова: высшие учебные заведения Японии, равные возможности получения образования

DEVELOPMENT OF PUBLIC AND PRIVATE SECTORS OF HIGHER EDUCATION IN JAPAN

¹Stepanov V.I., ²Stepanova N.V., ³Sokolova I.V.¹*Altai Economic and Legal Institute, Barnaul, institut@aeli.altai.ru;*²*Joint Stock Company Scientific and Production Company «Information Technologies», Moscow, e-mail: dan@ipu.ru;*³*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, e-mail: mail@kubsau.ru*

The sphere of higher education in all developed countries is diverse both in its programs and in sources of funding. As in most countries of the world, the Japanese educational system is dominated by the public sector, uniting the best universities. In higher educational institutions of the public sector there are highly qualified teachers who, in addition to academic work, conduct in-depth scientific research. Japan has a serious political, economic impact on the formation of value orientations of future generations. She launched a new strategy to create world-class universities. To do this, the government chose 6 out of 86 national universities available in the country and declared them «specialized national universities». In the country, the private sector of higher education surpasses the state in size. However, qualitative assessments indicate that the role of the unconditional leader belongs to state educational institutions. The article on the example of such world-class universities as the University of Tokyo, the University of Occupational Health and the Environment, Waseda University, Keio University, Tokyo University of Science presents a comparative analysis and the main characteristics of educational practices advanced public and private universities in Japan for the formation of social capital.

Keywords: higher education institutions in Japan, equal educational opportunities

Япония – островное государство, расположенное в Восточной Азии. Японский архипелаг раздроблен и состоит из 6852 островов. Площадь 4 самых крупных островов – Хонсю, Кюсю, Хоккайдо и Сикоку – составляет 95% от размера архипелага, потому японцы называют эти острова большой землей. Правильное название страны – Нихон, которое переводится как «Страна восходящего солнца».

Проблема качества образования является очень актуальной практически для всех

государств мира. При высоком уровне образования развивается экономика на основе новых технологий и инноваций. Несмотря на то что до VIII столетия образование в Японии строилось по образцам образования Китая и Кореи, сегодня оно имеет ярко выраженную национальную особенность. После Второй мировой войны разрушенной стране удалось сохранить свою уникальность, национальную самобытность и многовековые традиции, не отказавшись при этом от использования западных тех-

нологий и научных открытий, рыночных устоев экономики, так страна стала высококоразвитым государством. Это обстоятельство позволяет привлекать значительное количество иностранных студентов, ведущих ученых и специалистов.

В настоящее время в Японии проводится политика, направленная на поощрение практического профессионального образования путем создания университетов и колледжей нового типа. Этот процесс, начавшийся с апреля 2019 г., расширяет возможности перехода выпускников средних профессиональных учебных заведений в высшие учебные заведения. Рост университетов в основном происходит за счет придания университетского статуса колледжам.

Цель исследования – изучение и анализ государственного и частного секторов высшего образования вузов Японии.

Материалы и методы исследования

В работе использованы официальные сайты ведущих государственных и частных университетов Японии: Токийского университета, Университета гигиены труда и окружающей среды, Университета Васэда, Университета Кейо, Токийского университета науки и др. В исследовании проведен сравнительный анализ образовательных практик ведущих государственных и частных университетов Японии.

Результаты исследования и их обсуждение

Инвестиции в сферу высшего образования – это важный способ увеличения социального капитала страны, улучшения перспектив ее экономического роста и повышения конкурентоспособности, что напрямую зависит от уровня образования граждан. 67% молодых людей в Японии впервые закончат образование в возрасте 30 лет, по сравнению с 38% в среднем по странам ОЭСР (Организации экономического сотрудничества и развития). Конституция страны предусматривает для каждого гражданина права на равные возможности получения образования в соответствии с законами и со своими способностями. Предоставление образовательных услуг на всех уровнях государственного управления в Японии – ключ к тому, чтобы вооружить людей необходимыми навыками и, в более общем плане, создать социальный капитал, необходимый для повышения производительности труда, укрепления частных высших образовательных учреждений Японии с целью дать возможность населению с низким и средним уровнем достатка получить образование.

Абсолютное большинство молодых людей, заканчивающих вузы, находят работу. В настоящее время компании все большее внимание уделяют академической подготовке выпускников, чтобы они могли сразу после окончания университета приносить реальную пользу и быстро включаться в производственный процесс.

Увеличение количества студентов в Японии происходит за счет частного сектора. Основными причинами роста частных университетов в этой стране были: снижение поступления абитуриентов в краткосрочные университеты и профессиональные школы; перенос подготовки медицинских сестер и социальных работников из колледжей в университеты; увеличение заработной платы у работников с университетским образованием по сравнению с выпускниками колледжей.

В Японии насчитывается более 700 университетов, которые можно разделить на три уровня.

1. Бакалавриат – 4 года. На этом уровне обучения изучаются общие дисциплины в течение первых 2 лет, следующие 2 года – обязательное профессиональное обучение.

2. Магистратура – 2 года. Выпускник должен написать диплом и сдать выпускные экзамены.

3. Аспирантура – 3 года. Обучающиеся проводят научные наблюдения и опыты, описание которых с соответствующими выводами оформляют в виде диссертации. Чтобы получить звание доктора наук, необходимо защитить диссертацию. Экзаменационные работы обязательны.

В высшей школе Японии не предусмотрено расписание. Студенты самостоятельно формируют предметные программы, определяя значимые для них дисциплины, пользуясь предложенным списком профессиональных дисциплин, выбирая интересующие их и необходимые предметы для изучения выбранной профессии. На итоговом экзамене учитываются присутствие на лекциях, активное участие в семинарах. Во время учебы студенты стараются набрать как можно больше зачетных баллов. За четыре года все баллы складываются и по результатам присваивается соответствующее звание. Минимум составляет 124 балла.

Стоимость обучения в современной Японии зависит в первую очередь от престижности выбранного вуза и составляет 5000–13000 долларов в год. В некоторых вузах все ступени образования стоят одинаково, в некоторых – обучение в аспирантуре и магистратуре платное. Бесплатное высшее образование в стране практически отсутствует.

Основными причинами роста числа частных университетов в Японии были: снижение поступления абитуриентов в краткосрочные университеты и профессиональные школы, перенос подготовки медицинских сестер и социальных работников из колледжей в университеты, увеличение заработной платы у работников с университетским образованием по сравнению с выпускниками колледжей. Диплом небольшого частного вуза не считается престижным, и выпускники не получают никаких гарантий на трудоустройство.

В Японии существует крупный сектор частного высшего образования, и большинство студентов, получающих гуманитарные и социальные специальности, обучаются именно в частных вузах, которые в значительной степени зависят от доходов студентов. По мнению профессора Акиёси Йонедзавы, «в секторе государственного высшего образования инвестиции в естественные и технические науки всегда были значительно выше, чем в гуманитарные и социальные, причем даже в ведущих многопрофильных вузах» [1]. Следует отметить, что в Японии изменяются традиционные характеристики системы высшего образования, значительно повышается количество магистрантов и докторантов.

Расходы Японии на исследования и разработки в области науки и технологий (НИ-ОКР) находятся на самом высоком уровне среди развитых стран. По состоянию на конец марта 2019 г. количество исследователей в университетах и колледжах составило 331 400 человек. Университеты и колледжи потратили 3,7 трлн иен, т.е. 18,8% от общенациональных расходов, на исследования и разработки. Высшие учебные заведения израсходовали 90% средств на фундаментальные и прикладные исследования [2].

В стране повышается доступность высшего образования для молодежи. Как отмечает И.П. Лебедева, «за период 1990–2017 гг. численность 18-летних японцев, т.е. тех, кто заканчивает высшую ступень средней школы, сократилась с 2 млн 10 тыс. до 1 млн 200 тыс., или на 40%. Доля тех из них, кто поступает в университет, возросла соответственно с 30,6% до 54,8%, но в абсолютном выражении их число увеличилось всего лишь на 42,5 тыс. человек (с 615,1 тыс. до 657,6 тыс.). При этом число японских университетов за тот же период возросло с 507 до 780» [3].

В структуре доходов частных вузов, по данным А.В. Белова и А.В. Золотова, государственные субсидии составляют 10,7%, средняя оплата за 2010 г. в частных университетах Японии – 817,9 тыс. иен (около 8,4 тыс.

долл.), Кроме того, предусмотрен вступительный взнос в первый год обучения [4].

В государственных университетах Японии плата за обучение составляет «5090 долларов США в год за степень бакалавра. Кредиты могут снизить первоначальную стоимость, студенты должны погасить стоимость своего образования, как только они начнут работать. В Японии средний долг студентов по окончании учебы составляет 27 489 долларов» [5].

На 36-й сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО в ноябре 2011 г. была принята Международная стандартная классификация образования (МСКО) 2011. Так как национальные системы образования разнообразны по своей структуре и по содержанию образовательных программ, очень важно обеспечить сопоставимость данных. Это может быть достигнуто посредством применения МСКО.

Многие страны мира прилагают усилия для развития высшего образования в целом. Большое внимание государства уделяют развитию университетов мирового класса. Для сравнения эффективности работы университетов разработаны специальные рейтинги. Рейтинг Times Higher Education World University Rankings публикуется журналом Times Higher Education magazine. Рейтинг QS World University Rankings ежегодно публикуется Quacquarelli Symonds (QS) британской компанией, которая специализируется на образовании и обучении за рубежом. Рейтинг Academic Ranking of World Universities (ARWU) был опубликован впервые в 2003 г.

Япония уделяет большое внимание проблемам качества образования. Так, в рейтинг Times Higher Education World University Rankings 2021 в число 500 лучших высших учебных заведений вошли 10 японских университетов. В рейтинге QS World University Rankings 2021 в число 500 лучших высших учебных заведений вошли 16 японских университетов.

Отметим лучшие частные университеты.

Университет Васэда – один из лучших частных университетов Японии, который занимает 189-е место в рейтинге QS World University Rankings 2021. Был основан в 1882 г. ученым и политиком Окумой Сигэнобу, а в 1902 г. получил статус университета. Его закончили семь премьер-министров. В числе наиболее известных факультетов университета – филологический, его выпускники известные писатели – Харуки Мураками и Мати Тавара.

Университет Кейо – старейший частный университет Японии, основанный в 1858 г. Юкичи Фукудзавой, известным японским

писателем и предпринимателем. Он находится на 191-м месте в рейтинге QS World University Rankings 2021. Он считается одним из лучших университетов Японии для трудоустройства после окончания учебы. Каждый год Кейо входит в число 50 лучших университетов мира в рейтинге QS Graduate Employability Rankings. В университете находятся Медицинская школа и университетская больница Кейо, одна из ведущих университетских больниц Японии, предоставляющая передовые медицинские услуги. Среди известных выпускников Университета Кейо – доктор Такеши Касаи, который является директором Регионального бюро ВОЗ для стран Западной части Тихого океана, и Тошио Судзуки – один из самых успешных японских продюсеров.

В рейтинге Academic Ranking of World Universities (ARWU) 2020 в 500 лучших университетов мира вошли 14 японских высших учебных заведений.

В рейтинге ARWU 2020 14-е место среди японских университетов занял Токийский университет науки. Он является частным исследовательским университетом. По состоянию на 2016 г. это единственный частный университет в Японии, который выпустил лауреата Нобелевской премии – Сатоши Омура.

Несомненно, что развитие системы высшего образования в Японии сыграло ведущую роль в создании экономической мощи страны. Свой вклад в обеспечение темпов роста экономики внесли как национальные университеты, государственные университеты местного значения, так и частные вузы.

Отметим ряд проблем, характерных для системы высшего образования в Японии. Как отмечает профессор Акиёси Йонедзава, доля финансирования, получаемого вузами в рамках программы «Специализированные национальные университеты», очень мала – около 0,2% от их ежегодного дохода. Кроме того, несмотря на все официальные заявления, кабинет министров поддерживает расширение возможностей для государственного вмешательства в систему управления вузами. Это выражается в том, что в дополнение к образованию и науке одной из ключевых функций университетов правительство объявило их вклад в экономическое развитие через сотрудничество с промышленным сектором и инновации [6]. Как и во многих развитых странах мира, в Японии отмечается падение рождаемости, что приводит к уменьшению числа молодежи, поступающей в высшие учебные заведения. В борьбе за абитуриен-

тов университеты вынуждены снижать требования к уровню их знаний.

В частных высших учебных заведениях не проводятся глубокие научные исследования, используются более дешевые программы, которые не требуют высокооплачиваемых профессоров и современных лабораторий.

Выпускники высших учебных заведений имеют более широкие возможности для трудоустройства. В связи с небольшой долей лиц с высшим образованием в общей численности населения те, кто получает высшее образование в Японии, могут рассчитывать на значительно более высокий доход, чем в среднем по странам ОЭСР. Как и в большинстве стран мира, в Японии у людей с высшим образованием в целом более высокие показатели занятости. Страна уделяет большое внимание развитию университетов мирового класса: в рейтинг Times Higher Education World University Rankings 2021 в число 500 лучших высших учебных заведений вошли 10 государственных университетов, где 7-е место занял частный вуз – Университет гигиены труда и окружающей среды. Он основан в 1978 г. в г. Китаюсю для подготовки врачей-профессионалов в области гигиены труда и исследований в области клинической медицины. Университет знаменит Высшей школой профессионального здоровья, где студенты занимаются вопросами гигиены труда. В рейтинге QS World University Rankings 2021 в числе 500 лучших высших учебных заведений вошли 16 японских университетов, где 189-е место занял Университет Васэда, а 191-е место занял Университет Кейо.

Лучшими ведущими высшими учебными заведениями Японии являются государственные университеты и частные вузы, которые занимают места в национальных и международных рейтингах.

В рейтинге Academic Ranking of World Universities 2022 в число 500 лучших университетов мира вошли 13 японских высших учебных заведений: Токийский, Киотский, Нагойский, Осакий университеты, Университет Тохоку, Токийский технологический институт, Университеты Хоккайдо, Цукуба, Кейо, Кюсю, Хиросимы, Кобе, Окаямы [7, 8].

В Японии широко применяются современные образовательные технологии, создаются междисциплинарные институты, привлекаются к исследованиям известные ученые, используется система привлечения сторонних ресурсов. Все это обеспечивает эффективное формирование социального капитала.

Расходы Японии на исследования и разработки (НИОКР) в области науки и технологий находятся на самом высоком уровне среди развитых стран. По состоянию на конец марта 2019 г. количество исследователей в университетах и колледжах составило 331 400 человек. Университеты и колледжи потратили 3,7 трлн иен, т.е. 18,8% от общенациональных расходов, на исследования и разработки. Высшие учебные заведения израсходовали 90% средств на фундаментальные и прикладные исследования. Частные высшие учебные заведения Японии стали разрабатывать новые программы подготовки социальных работников и менеджеров, занимающихся проблемами престарелых людей.

Заключение

Образование очень важно для японцев. Мощным стимулом к учебе являются культурные традиции японцев и влияние конфуцианских ценностей, где в культ были возведены знания, образованность. Рациональное соотношение цены и качества является достаточно сильной стороной японской системы высшего образования. Развитие государственного и частного секторов системы высшего образования предполагает достижение компромисса между уровнем охвата, количеством затрат и уровнем качества высшего образования. Обучающийся сам решает, какое качество образования он получит и какие затраты понесет, и принимает решение о целесообразности обучения в том или ином частном университете. В финансировании высшего образования в Японии, как правило, в основном преобладают частные источники.

Высшее образование в Японии является массовым, оно предоставляется на высоком уровне, что обеспечивает рост экономики и социальное развитие страны. Развитие государственного и частного секторов системы высшего образования в Японии соответствует требованиям вре-

мени, что способствует дальнейшему развитию страны.

Сегодня Япония занимает ведущее положение не только в образовательных рейтингах Азии, но и в мировых рейтингах благодаря четко выстроенной стратегии развития государственного и частного секторов системы высшего образования, профессиональному научному прогнозированию, интернационализации высшего образования как на университетском уровне, так и на уровне государственной образовательной политики.

Опыт Японии по созданию эффективных государственного и частного секторов системы высшего образования может быть использован для достижения поставленных целей в сфере совершенствования и развития системы высшего образования России.

Список литературы

1. Гохберг Л.М., Озерова О.К., Саутина Е.В., Шугал Н.Б. Образование в цифрах: 2020: краткий статистический сборник. М.: Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», 2020. 120 с.
2. Йонедзава А. Япония: университеты мирового класса для социальных инноваций // Международное высшее образование. Русскоязычная версия информационного бюллетеня International Higher Education (Бостонский колледж, США). 2019. № 96. С. 27-29. DOI: 0.6017/ihe.2019.96.10779.
3. Лебедева И.П. Японский рынок труда в XXI веке. М.: Издательство Института востоковедения, 2019. 312 с.
4. Белов А.В., Золотов А.В. Экономические аспекты деятельности университетов в Японии // Вопросы образования. 2014. № 3. С. 30-53.
5. Вахштайн В.С. Система высшего образования в Японии // Вестник Российской Академии Наук. 2007. Т. 77. № 3. С. 261-264.
6. Йонедзава А. Гуманитарные и социальные науки в эру STEM: проблемы японцев как языкового меньшинства // Международное высшее образование. Русскоязычная версия информационного бюллетеня International Higher Education (Бостонский колледж, США). 2017. № 88. С. 41-43.
7. Academic Ranking of World Universities 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.shanghairanking.com/rankings/arwu/2022> (дата обращения: 14.12.2022).
8. Соколова И.В., Сергеев А.Э. Обучение творчеству в разных формах // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27904> (дата обращения: 24.12.2022).

УДК 373.3:376.1:372.8

ОСОБЕННОСТИ МУЗЫКАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ ШКОЛЫ-ИНТЕРНАТА ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ ДЕТЕЙ

Тенюкова Г.Г., Медведева И.А.*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева»,
Чебоксары, e-mail: chgpu.edu.ru*

Статья посвящена вопросу музыкального развития слабовидящих детей средствами музыкального искусства в условиях школы-интерната. Проанализированы основные подходы к организации музыкальных занятий с учащимися младшего школьного возраста, учитывающие особенности их здоровья. Выявлены возможности учебно-воспитательного процесса школы-интерната для слабовидящих детей в музыкальном развитии школьников. Определены особенности музыкального развития слабовидящих детей. Представлены организационно-педагогические условия музыкально-эстетического воспитания слабовидящих школьников и раскрыты методические принципы, используемые в данной работе. На основе анализа психофизиологических особенностей слабовидящих детей обоснована необходимость разработки комплекса методов и приемов, направленных на коррекцию их личностного развития. Приведены отдельные диагностические методики по выявлению уровня музыкального развития младших школьников с отклонениями в работе зрительного анализатора. Представлено содержание музыкального занятия, включающего перечень конкретных видов музыкальной деятельности, охарактеризована их направленность в коррекционном аспекте. Обоснована необходимость включения музыки в разные виды деятельности в условиях школы-интерната с целью коррекции развития слабовидящих детей. Проведена апробация разработанного комплекса методов и приемов, раскрыто их содержание, что в целом направлено на музыкальное развитие детей данной категории.

Ключевые слова: учитель музыки, музыкальное развитие, школа-интернат для слабовидящих детей, младшие школьники

FEATURES OF MUSICAL DEVELOPMENT OF YOUNGER SCHOOLCHILDREN IN A BOARDING SCHOOL FOR VISUALLY IMPAIRED CHILDREN

Tenyukova G.G., Medvedeva I.A.*I.Ya. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: chgpu.edu.ru*

The article is devoted to the issue of musical development of visually impaired children by means of musical art in a boarding school. The main approaches to the organization of music lessons with primary school age students, taking into account the peculiarities of their health, are analyzed. The possibilities of the educational process of a boarding school for visually impaired children in the musical development of schoolchildren are revealed. The features of musical development of visually impaired children are determined. The organizational and pedagogical conditions of musical and aesthetic education of visually impaired schoolchildren are presented and the methodological principles used in this work are disclosed. Based on the analysis of the psychophysiological features of visually impaired children, the necessity of developing a set of methods and techniques aimed at correcting their personal development is substantiated. Separate diagnostic methods are given to identify the level of musical development of younger schoolchildren with deviations in the work of the visual analyzer. The content of the music lesson, including a list of specific types of musical activity, is presented, their orientation in the correctional aspect is characterized. The necessity of including music in various types of activities in a boarding school in order to correct the development of visually impaired children is substantiated. The approbation of the developed set of methods and techniques was carried out, their content was revealed, which in general is aimed at the musical development of children of this category.

Keywords: music teacher, musical development, boarding school for visually impaired children, primary school students

На сегодняшний день инклюзивное образование на территории РФ регулируется Конституцией РФ, федеральным законом «Об образовании», федеральным законом «О социальной защите инвалидов в РФ», а также Конвенцией о правах ребенка и Протоколом № 1 Европейской конвенции о защите прав человека и основных свобод. Успешная адаптация людей с ограниченными возможностями здоровья в жизни непосредственно связана с условиями их развития и воспитания. Так, для обучения детей с нарушениями зрения в Рос-

сийской Федерации созданы специальные школы-интернаты. Основная задача таких школ – коррекция нарушений зрения, предоставление возможности для полноценного развития личности, получение общего среднего образования (такого же уровня, как и в обычной школе), проведение трудовой подготовки и развитие индивидуальных способностей ребенка. Доказано, что музыкальное образование во всех его проявлениях – а это уроки музыки в школе, обучение игре на каком-либо музыкальном инструменте, обучение вокалу, хоро-

вое исполнение, театральная деятельность и т.д. – благодаря средствам художественной выразительности может способствовать не только эстетическому воспитанию, но и реабилитации инвалидов по зрению. Занятия музыкой предоставляют таким детям широкие возможности для самореализации. Однако традиционные методы обучения музыке чаще всего оказываются неэффективными и малопригодными для слабовидящих и слепых детей.

Особенности развития детей с нарушением зрения всегда были и есть центром изучения многих исследователей, в частности тифлопсихологов и тифлопедагогов. Вопросы эстетического воспитания в тифлопедагогике занимались В.З. Кантор, Л.И. Плаксына, Б.К. Тупоногов, Л.И. Солнцева. Проблеме влияния дефекта зрения на учебно-познавательную деятельность и процесс эстетического воспитания посвящены исследования М.И. Земцовой, А.Г. Литвак, В.Н. Кулакова, В.П. Ермакова, основные принципы музыкальной педагогики изложены в трудах Б.В. Асафьева, Э.Б. Абдулина, Д.Б. Кабалева и др. Вместе с тем вопросы, касающиеся организации музыкального обучения и воспитания незрячих детей, в настоящее время являются недостаточно разработанными. Таким образом, изучение особенностей музыкального развития слабовидящих детей в условиях школы-интерната следует считать весьма актуальной проблемой.

Цель исследования заключается в выявлении возможностей музыкального развития слабовидящих детей в условиях школы-интерната. Решались следующие задачи: проанализировать содержание и формы музыкального образования в школе-интернате для слабовидящих детей; обобщить опыт педагогов по теме исследования; провести опытно-поисковую работу по развитию творческих способностей школьников на музыкальных занятиях в условиях школы-интерната для слабовидящих детей.

Материалы и методы исследования

Основой данного исследования являются научные труды, рассматривающие вопросы разработки и реализации адаптивных программ в условиях инклюзии (Н.С. Комова [1], Т.А. Соловьева [2] и др.), исследование А.А. Смирнова, посвященное проблеме реализации инклюзии с учетом специфики музыкального образования [3]. Мы опирались также на труды специалистов в области художественно-эстетического и музыкального образования и воспитания: Л.А. Баренбойма, И.Ю. Дзяченко и др. [4–6].

Результаты исследования и их обсуждение

Музыкальное искусство можно рассматривать как одно из средств реабилитации и развития слабовидящих детей. Доказано, что патология зрения способствует проявлению компенсаторных функций организма, что, по мнению Л. Выготского, приводит к созданию новых «обходных путей развития» [7, с. 81]. По наблюдениям психологов дети с нарушениями зрения выглядят менее эмоциональными, более спокойными и уравновешенными, по сравнению с детьми без дефектов зрения. Вместе с тем их речь может быть достаточно выразительной, они чутко улавливают настроение собеседника, чувствуют эмоциональное состояние по интонации голоса, а значит, могут адекватно воспринимать и музыкальные интонации.

В силу этого основная нагрузка в восприятии и оценке явлений окружающей действительности ложится на слух и осязание. Слух также принимает на себя познавательную функцию. Поэтому педагогу в процессе работы приходится опираться на методы пропевания, прослушивания и проговаривания музыкального материала. Дети с нарушением зрения обучаемы так же, как и нормально видящие, а их интеллект в некоторых случаях даже превышает норму. Однако в силу понятных причин их физический статус, в том числе и мышечный аппарат, может быть ослаблен, к тому же эти дети могут иметь ряд психологических особенностей. По сравнению со здоровыми детьми физическое утомление у них наступает быстрее, что часто приводит к ошибочности восприятия учебного материала и последующего его воспроизведения. Однако слабовидящие дети чувствуют музыку острее и быстрее ее запоминают.

Чем активнее и разнообразнее музыкальная деятельность у детей с нарушением зрения, тем эффективнее протекает процесс их музыкального развития. В этом случае на помощь педагогу придут все виды музыкально-практической деятельности: слушание, пение, музыкально-ритмические движения. Песенный материал должен быть легким и доступным для понимания младшего школьника с небольшим диапазоном и плавными мелодическими линиями.

При проведении любых музыкальных занятий с детьми, имеющими нарушения зрения, педагогу следует учитывать следующие организационные условия:

- тесно связывать тематику образовательного процесса с коррекционными целями занятия;

- соблюдать на уроке офтальмоэргонические рекомендации;
- учитывать функциональные дефекты органа зрения учащихся и вторичные психофизические отклонения в их развитии.

Содержание музыкальных занятий направлено на развитие музыкального восприятия, эмоциональной отзывчивости и музыкально-слуховых представлений обучающихся. В основе музыкального развития детей в школе-интернате должны лежать следующие методические принципы [8]:

- 1) взаимодействие средств, активизирующих интеллектуальное и эмоциональное развитие слабовидящих детей;
- 2) первичность накопления музыкальных впечатлений, которые затем станут основой их музыкальной деятельности;
- 3) принцип «от частного к общему»;
- 4) концентрический характер обучения (постоянное возвращение к пройденному на новом этапе), отсюда вытекает обязательное повторение материала, его усложнение.

Благодаря этим принципам музыкальное развитие ребенка с нарушением зрения идет по нарастающей, преемственность в обучении дает возможность обеспечить последовательное развитие каждого ученика.

Педагогами специальных школ накоплен значительный опыт по музыкальному воспитанию и обучению детей данной категории. Одним из таких примеров может служить работа учителя музыки коррекционной школы г. Чебоксары Н.В. Арсентьевой, направленная на минимизацию у обучающихся отклонений в познавательной, эмоциональной и моторной сферах путем вовлечения в различные виды музыкальной деятельности (восприятие, пение, движение под музыку, игра на детских музыкальных инструментах). Одной из важнейших коррекционных задач в работе со слепыми и слабовидящими детьми является создание ситуации востребованности интересов, знаний и умений учащихся. Этому способствует организация музыкально-творческой деятельности.

В школе она достаточно многообразна и представлена различными вариантами, выполняя наряду с воспитательными, образовательными и коррекционными задачи:

- преодоление изолированности и замкнутости, связанной с нарушением зрительных функций, предоставление слабовидящим детям возможности самовыражения;
- обеспечение эффективной социализации школьников с ограниченными возможностями здоровья средствами музыкально-го искусства;

- формирование мотивации к самореализации через музыкальное творчество, развитие музыкальных способностей.

Перечисленные задачи могут быть решены на основе комплексного планирования учебной и внеучебной деятельности, включающей элементы музыкального воспитания, где коллективное творчество реализуется на уроках музыки, а индивидуальное обучение осуществляется во внеурочное время. Музыкальные занятия включают в себя разнообразные виды музыкальной деятельности. К ним относятся пение, слушание музыки, игра на детских музыкальных инструментах, музыкально-ритмические движения с танцевальными элементами.

Помимо налаживания координации слуха и голоса пение помогает формированию у детей с нарушением функций зрения чувства ритма, ясной дикции и ощущения темпа речи. На основе взаимодействия слуховых и мышечных ощущений осуществляется развитие точной певческой интонации, формируются музыкальные способности в целом. В свою очередь, слушание музыки имеет большое значение для развития у школьников ассоциативно-образного мышления на основе получаемых в реальной жизни тактильных ощущений и дополнительных сведений из обсуждения с учителем конкретного музыкального образа. Как показывает опыт, наиболее результативным в такой форме работы является слушание программной музыки, в которой уже само название наталкивает слушателя на определенные ассоциации. Игра на детских музыкальных инструментах способствует развитию у школьников мелкой моторики, чувства ритма, музыкального слуха и внимания. Этот вид деятельности часто используется на занятиях по коррекционной ритмике. В продолжение коррекционной ритмики можно использовать танцевальные элементы и пантомиму. В процессе занятий школьники не только осваивают отдельные танцевальные движения, но и их значение при включении в определенные действия. Пантомима способствует развитию мимики слабовидящих детей, учит их выражать мимикой различные настроения (радость, огорчение, обиду и др.), которые они не могут наблюдать при общении с другими людьми. Использование подвижных игр на музыкальных занятиях направлено на развитие ориентации в пространстве. Для этого включаются разнообразные виды движений (ходьба, бег, подскоки, прыжки). Одновременное звучание музыкального сопровождения усиливает корригирующее воздействие, создает определенное эмоциональное настроение и вызывает пластиче-

скую реакцию. Музыка также способствует регуляции нервных процессов и мышечных усилий школьника, так как в подвижных музыкальных играх требуется быстрая реакция на изменения в музыке и координация движений.

Подтверждением этому служит опыт работы Специальной (коррекционной) школы-интерната № 33 г. Братска Иркутской области, где считается важным использовать в процессе музыкального воспитания игровые движения, так как они имеют большое значение в развитии музыкального слуха, памяти, чувства ритма, улучшают двигательные навыки детей. По мнению педагогов, прислушиваясь к музыке и выполняя движения под музыку, ребенок на подсознательном уровне усваивает элементы музыкальной речи. При этом замечено, что чем раньше начинается приобщение детей к музыке, тем успешнее будет протекать их общее развитие. Музыкально-двигательные игровые упражнения помогают незрячим детям избавиться от общей скованности и зажатости. Если на это вовремя не обратить внимание, то впоследствии данные недостатки окажут отрицательное воздействие на развитие личности в целом.

На современном этапе одним из эффективных средств и перспективных направлений музыкального воспитания слабовидящих детей считается использование музыкально-компьютерных технологий. Однако для этого необходимо научить незрячих учащихся соотносить реальный образ, сформированный на основе получения определенных знаний, с тем, что возникает в воображении каждого обучающегося с учетом их индивидуальных особенностей. Необходимо учитывать специфику ограниченных возможностей зрительного анализатора, когда визуализация воспринимаемого образа сначала происходит на тактильном уровне и лишь после этого дополняется зрительными элементами. Так, предлагая детям представить определенную ситуацию, связанную с состоянием природы, временем года, сказочным или реальным образом («Весенние голоса», «Зимняя дорога», «Баба-Яга» и т.д.), следует обсудить, какими средствами музыкальной выразительности можно их передать (музыкальные инструменты, тембр голоса, пластические движения и др.). Такой метод работы способствует развитию образных и музыкально-слуховых представлений, воображения и фантазии слабовидящих детей. Постепенно учащиеся привыкают мыслить цельными художественными образами, которые создают в процессе беседы с учителем и своими товарищами.

Как известно, в музыкальной педагогике используются следующие критерии музыкального развития школьников:

- проявление интереса к музыке, степень эмоционального отклика на нее;
- умение высказать свое мнение и впечатление о прослушанном или исполненном произведении, используя при этом ключевые знания;
- совершенствование исполнительских умений и навыков, которые следует оценивать в сравнении с исходным уровнем учащегося.

Опыт работы преподавателей школ для слабовидящих детей показал эффективность использования ряда методик для диагностики музыкального развития данной категории школьников. Одна из них – это методика Г.А. Урунтаевой «Диагностика музыкальной деятельности». Целью данной методики является выявление музыкальности школьников, уровня развития музыкальных способностей. Автор предлагает осуществлять диагностику в ходе наблюдения за детьми во время слушания, восприятия музыкальных произведений и дальнейшего обсуждения услышанного. При этом педагог имеет возможность наблюдать:

- за общей реакцией учащихся на звучание музыки (увлеченность, заинтересованность, равнодушие, отрицание, неприятие и др.);
- эмоциональная отзывчивость на музыкальное произведение, музыкальный образ (выражение эмоций в соответствии с характером музыки с помощью изменения мимики, движений корпуса, рук и ног – притопывания, хлопки, покачивания и др.);
- проникновение в содержание произведения и умение рассказать об услышанном, определить характер, настроение, назвать некоторые из средств выразительности (динамика, темп, ритм и др.) [9].

Кроме того, можно предложить еще один параметр оценки музыкального развития слабовидящих школьников – это навык пластического интонирования музыки, который достаточно широко используется в традиционной диагностике музыкальных способностей. На это направлена «Диагностика уровня музыкального и психомоторного развития ребенка младшего школьного возраста», разработанная А.И. Бурениной. Данная методика предполагает выполнение школьниками серии специально подобранных ритмических заданий, составленных на основе движения под музыку [10].

Также следует обратить внимание на программу ведущих специалистов в области музыкального движения Т.В. Нестеренко, К.В. Тарасовой «Гармония», содержащую раздел «Музыкальное движение» [11].

На наш взгляд, одним из интересных упражнений-этюдов является «Вальс с волшебными колокольчиками», в процессе выполнения которого учащиеся должны передать в движениях выразительный взволнованный характер музыки вальса, выразить различные интонации (просьба, восторг при проявлении волшебных колокольчиков и легкую грусть при их исчезновении). Выполнение подобных упражнений способствует развитию у обучающихся не только чувства ритма, но и координации движения, выразительной пластики, ориентации в пространстве, а также воображения, эмоциональности, образного мышления и других личностных качеств. Рассмотренный комплекс методик является необходимым инструментом для педагогов специализированных школ-интернатов, обучающихся детей с нарушениями функций зрения, с целью выявления, контроля и выстраивания перспектив их музыкального развития.

Заключение

Музыкальное искусство, являясь средством коррекции и развития слепых и слабовидящих детей, широко используется в педагогической практике. Представленный опыт деятельности школ-интернатов позволяет сделать следующие выводы. Музыкальное развитие школьников данной категории должно строиться на основе определенных принципов и организационных условий. Также следует отметить, что музыкальное воспитание слабовидящих детей должно осуществляться комплексно, как во время уроков музыки, так и во внеурочной деятельности. Вовлечение школьников в музыкально-образовательную среду должно носить систематический характер и быть разнообразным по содержанию ви-

дов музыкальной деятельности. Рекомендованные выше методы, приемы и диагностика позволят эффективно решать проблему музыкального развития незрячих и слабовидящих детей в условиях школы-интерната.

Список литературы

1. Комова Н.С. Организация обучения слепых и слабовидящих детей в условиях ФГОС // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития: научно-методический и практический журнал. 2016. № 3. С. 19–28.
2. Соловьева Т.А., Соловьев Д.А. Оценка цифровых образовательных ресурсов, разработанных для детей с ограниченными возможностями здоровья, с позиции ожиданий и потребностей основных групп пользователей // Дефектология. 2020. № 3. С. 3–16.
3. Смирнов А.А. Педагогическая модель инклюзии в профессиональном музыкальном образовании // Музыкальное искусство и образование. 2018. С. 60–69.
4. Двойнина Г.Б., Игольникова И.В. Педагогические принципы Л.А. Баренбойма в контексте проблем современного общего музыкального образования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2016. № 10. С. 29–33.
5. Дьяченко И.Ю. Теория и методика музыкального воспитания: учебное пособие. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2014. 92 с.
6. Тенюкова Г.Г., Медведева И.А. Интеграция как средство эстетического воспитания школьников на гуманитарных дисциплинах // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30366> (дата обращения: 03.05.2022).
7. Выготский Л.С. Воображение и творчество в детском возрасте. М.: Перспектива, 2020. 125 с.
8. Антонова Ю.П., Калицкий В.В. Работа с невидящими музыкантами-исполнителями в фортепианном классе // Высшее образование в России. 2017. № 7. С. 152–160.
9. Урунтаева Г.А. Дошкольная психология: учебное пособие для студентов средних педагогических учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2001. 336 с.
10. Буренина А.И. Диагностика уровня музыкального и психомоторного развития ребенка младшего школьного возраста. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: ЛОИРО, 2000. 220 с.
11. Нестеренко Т.В., Тарасова К.В. Хрестоматия к программе «Гармония» для детей 7-го года жизни. Раздел: Музыкальное движение. М.: Центр «Гармония», 2004. 67 с.

УДК 373.1

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕХНОПАРКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ И ШКОЛ НА ПРИМЕРЕ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ТЕХНОЛОГИЯ»

Устинова Н.Н.*ФГБОУ ВО Шадринский государственный педагогический университет, Шадринск,
e-mail: podzep@mail.ru*

В статье рассматривается понятие «сетевое взаимодействие в сфере образования», выделяется один из возможных аспектов реализации сетевого взаимодействия, а именно реализация несколькими образовательными организациями сетевой образовательной программы. В статье описывается ресурсная возможность сетевого взаимодействия технопарка универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета и школ Курганской области. В ходе исследования приводится обоснование необходимости подобного взаимодействия, а также выделяются основные содержательные линии курса «Технология», которые могут быть реализованы на базе технопарка универсальных педагогических компетенций, приводится примерный расчет часов, которые отводятся в каждом классе на изучение данных тематических линий. В статье подробно представлена обобщенная модель реализации сетевого взаимодействия, которая состоит из нескольких взаимосвязанных и взаимообусловленных блоков (целевого, содержательного, процессуального и диагностического) и этапов (подготовительного, построения нормативно-правовой базы сетевого взаимодействия, организационного, этапа реализации). Рассматриваются также способы реализации каждого этапа реализации сетевой общеобразовательной программы курса «Технология». В разработанной программе сетевого курса «Технология» предусматриваются полноценная реализация на базе технопарка Шадринского государственного педагогического университета нескольких разделов тематических модулей или частичная реализация разделов выделенных модулей курса, приведены примеры распределения часов по указанным модулям.

Ключевые слова: технопарк универсальных педагогических компетенций, сетевая форма при реализации общеобразовательных программ, сетевая общеобразовательная программа курса «Технология», сетевое взаимодействие в сфере образования, модель реализации сетевого взаимодействия

ORGANIZATION OF INTERACTION BETWEEN THE TECHNOPARK OF UNIVERSAL PEDAGOGICAL COMPETENCIES AND SCHOOLS ON THE EXAMPLE OF THE IMPLEMENTATION OF THE NETWORK EDUCATIONAL PROGRAM «TECHNOLOGY»

Ustinova N.N.*Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, e-mail: podzep@mail.ru*

The article discusses the concept of «network interaction with the field of education», highlights one of the possible aspects of the implementation of network interaction, namely the implementation of a network educational program by several educational organizations. The article describes the resource possibility of network interaction of the technopark of universal pedagogical competencies of Shadrinsk State Pedagogical University and schools of the Kurgan region. The study provides a justification for the need for such interaction, as well as highlights the main content lines of the course «Technology», which can be implemented on the basis of the technopark of universal pedagogical competencies, provides an approximate calculation of the hours that are allocated in each class to study these thematic lines. The article presents in detail a generalized model of the implementation of network interaction, which consists of several interrelated and interdependent blocks (target, substantive, procedural and diagnostic) and stages (preparatory, building a regulatory framework for network interaction, organizational, implementation stage). The ways of implementing each stage of the implementation of the network general education program of the course «Technology» are also considered. The developed program of the network course «Technology» provides for the full implementation of several sections of thematic modules on the basis of the SHSPU technopark, or partial implementation of sections of the selected modules of the course, examples of the distribution of hours according to these modules are given.

Keywords: technopark of universal pedagogical competencies, network interaction in the field of education, network form in the implementation of general education programs, network general education program of the course «Technology», model of implementation of network interaction

Система образования на сегодняшний день претерпевает существенные изменения, связанные с реализацией обновленного федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), профессионального стандарта педагога, а также требованиями современного высокотехнологического общества. Компьютеризация всех сфер деятельности человека, роботизация производ-

ства (использование станков с числовыми программными устройствами, специальных программных комплексов и технических установок, позволяющих автоматизировать изготовление продукции) не могли не повлиять на развитие системы образования. Робототехнические устройства, новейшее оборудование, в том числе симуляторы и учебные модули станков с ЧПУ, представленные

фирмами – производителями высокотехнологического промышленного оборудования, помогут школьникам не только увидеть возможности использования этих гаджетов в жизни человека, но и почувствовать себя настоящими исследователями [1].

Технопарк универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета призван помочь осуществить высококачественную подготовку будущих педагогов, а также выявить и организовать групповую и/или индивидуальную работу с одаренными школьниками. Однако без грамотной организации сетевого взаимодействия технопарка универсальных педагогических компетенций и школ достичь данных целей не представляется возможным.

Для того чтобы описать модель сетевого взаимодействия технопарка универсальных педагогических компетенций и школ на основе анализа научных работ [2, 3, 4], было уточнено понятие «сетевое взаимодействие в сфере образования».

В данном исследовании под сетевым взаимодействием будем понимать совместную и согласованную по целям, месту и времени деятельность школ и технопарка универсальных педагогических компетенций, основанную на нормативных документах, направленную на заранее достижение поставленных целей и выполнение задач путем наиболее рационального использования средств, имеющихся в их распоряжении [5].

В ходе исследования нами были проанализированы механизмы реализации сетевого взаимодействия между общеобразовательными организациями и технопарком универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета. Целями исследования являются анализ перспектив сетевого взаимодействия, создание методических рекомендаций и, в конечном итоге, оказание помощи школам в реализации всех требований ФГОС ООО, в том числе при условии отсутствия в общеобразовательных организациях аппаратного, программного и методического обеспечения в области робототехники, программирования, беспилотных летательных аппаратов. Сетевое взаимодействие осуществляется по инициативе администрации муниципалитета и региона и направлено на развитие инженерного мышления, поддержание инициатив учащихся, воплощение авторского замысла в автоматизированные модели и проекты, что особенно важно для школьников, у которых наиболее выражены интерес к исследовательской деятельности и потребность в техническом творчестве.

Материал и методы исследования

Технопарк универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета обладает широким спектром новых средств, методик, технологий, в том числе информационных, что позволяет сделать образовательный процесс более ярким, увлекательным и добиться планируемых результатов образования. Методами теоретического уровня, которые были использованы в данном исследовании, являются изучение и обобщение литературы и электронных источников; идеализация рассматриваемых ситуаций.

Результаты исследования и их обсуждение

В данном исследовании сетевое взаимодействие в образовании рассматривается как механизм с определенными параметрами, такими как: единство целей, определенные ресурсы для их достижения, единый центр управления [5].

Рассмотрим в качестве примера один из вариантов организации сетевого взаимодействия технопарка универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета и общеобразовательных школ города Шадринска и Шадринского района, а именно реализацию сетевой программы по курсу «Технология». Сетевая общеобразовательная программа «Технология» помогает школам, не имеющим необходимых для преподавания ресурсов, реализовать программы, соответствующие требованиям ФГОС ООО. Средствами, позволяющими реализовать предлагаемые модули программы курса «Технология», обеспечен технопарк универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета, а именно естественно-научный кластер (лаборатория для углубленного изучения механики, мехатроники, систем автоматизированного управления), а также IT-кластер (лаборатории 3D-моделирования и прототипирования, робототехники, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), инженерной графики, виртуальной и дополненной реальности).

Потребность в организации образовательного процесса в сетевой форме при реализации общеобразовательных программ может возникнуть, когда для ее воплощения у конкретной образовательной организации не хватает кадровых, технических, информационных и иных ресурсов. Технопарк универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета в сетевом взаимодействии выступает в именно роли субъекта-ресурса,

а общеобразовательные организации – в роли субъектов-клиентов [6].

Ресурсодатель предоставляет кадровые, информационные, материально-технические, инфраструктурные, учебно-методические ресурсы.

Кадры – самый важный ресурс, поскольку компетентные педагоги, методисты, инженеры, обладающие соответствующей профессиональной квалификацией и опытом, всегда особенно востребованы обществом. Под информационными ресурсами в данном случае понимаются базы данных, профессиональные библиотеки, депозитарии мультимедийных продуктов и иное, которые будут использованы в процессе обучения [6].

Материально-технические ресурсы в технопарке представлены специализированным оборудованием (таким как лаборатории по физике, робототехнике, механике, VR/AR устройства, беспилотные летательные устройства и т.п.), компьютерной техникой, мультимедийным оборудованием и программным обеспечением к ним. Под инфраструктурными ресурсами следует понимать специализированные помещения, такие как лекторий, зоны для коворкинга, компьютерные кабинеты и многое другое. Учебно-методические ресурсы представлены в виде программы курса, содержащейся в образовательных модулях, методических рекомендаций, контрольно-оценочного инструментария, компьютерных обучающих и диагностирующих приложений.

Рассмотрим порядок организации сетевого взаимодействия при реализации общеобразовательной программы «Технология», который будет представлен в виде организационно-методической модели сетевого взаимодействия организаций (технопарк универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета и школы Курганской области).

Данная модель состоит из нескольких взаимосвязанных и взаимообусловленных этапов и блоков: целевого, содержательного, процессуального и диагностического. Проанализируем содержание каждого блока модели, которые рассмотрим подробнее после построения информационной модели этапов.

Целевой блок модели включает в себя описание целей каждого этапа, однако существует одна глобальная цель, ради которой и реализуется сетевое взаимодействие образовательных организаций. В данном случае цель зависит от выбранного события сетевого взаимодействия и может быть сформулирована следующим образом: реализовать общеобразовательную программу

курса «Технология» с использованием сетевого взаимодействия.

Содержательный блок модели включает информационное обеспечение каждого этапа реализации сетевого взаимодействия, что позволяет выявить направления деятельности в сетевом взаимодействии. В качестве информационного обеспечения выступают также все методические материалы: учебные планы, графики, рабочие учебные программы, учебно-методические, справочные, контрольно-измерительные материалы и т.п.

Процессуальный блок включает совокупность методических инструментов (форм, методов, средств), применяемых на каждом этапе организации сетевого взаимодействия, направленных на реализацию общеобразовательной программы «Технология». Применительно к данной модели можно выделить следующие организационные формы сетевого взаимодействия: горизонтальная, вертикальная и смешанная. В качестве средств реализации сетевого взаимодействия, кроме общедидактических методов, на различных этапах реализации сетевого взаимодействия применяются следующие методы, приемы и технологии: аутсорсинг определенных функций и полномочий процесса, двусторонние (трехсторонние) межорганизационные соглашения, консорциумы, кросс-организационное обучение, распределенные ресурсы для целей образования, совместные исследовательские лаборатории, центры коллективного пользования и др. [7].

Диагностический блок модели обеспечивает мониторинг успешности сетевого взаимодействия посредством контроля, виды и формы которого выбираются в соответствии с задачами, поставленными на каждом из выделенных этапов. В качестве *критериев* можно выделить следующие: оптимальность выбора субъектов сетевого взаимодействия (количественный и качественный состав); наличие договоров о сетевом взаимодействии; оптимальность ресурсного и инфраструктурного обеспечения сетевого взаимодействия; доступность ресурсов и инфраструктуры для всех субъектов сетевого взаимодействия; наличие информационного обеспечения сетевого взаимодействия; доступность информационного обеспечения для всех субъектов сетевого взаимодействия; результативность сетевого взаимодействия.

Рассмотрим подробнее этапы организации сетевого взаимодействия при реализации общеобразовательной программы «Технология».

1. *Подготовительный этап*, включающий в себя инициацию событий, которые нуждаются в сетевой форме их реализации,

выявление образовательных организаций, обладающих потребностью и заинтересованностью в исполнении данного события.

2. *Этап построения нормативно-правовой базы сетевого взаимодействия*, включающий в себя создание нормативных документов и внесение изменений в действующие документы, например положение, договоры.

3. *Организационный этап*, включающий в себя проектирование всех видов деятельности, которые могут быть реализованы в рамках сетевого взаимодействия.

3. *Этап реализации*, включающий в себя все основные виды деятельности по осуществлению сетевого взаимодействия.

В процессе реализации модели сетевого взаимодействия образовательных организаций по реализации общеобразовательной программы «Технология» учитывается, что создание сетевой организации означает интеграцию уникального опыта, возможностей, знаний и ресурсов субъектов, следовательно, образование сети различными участниками обеспечивает взаимные компенсации недостатков ресурсов и усиление преимуществ [8].

Рассмотрим методы сетевого взаимодействия при реализации общеобразовательной программы с точки зрения их реализации на разных этапах, выделенных в обобщенной модели сетевого взаимодействия.

1. Подготовительный этап организации сетевого взаимодействия при реализации общеобразовательной программы «Технология» включает в себя инициацию событий, выявление субъектов сетевого взаимодействия. На данном этапе возможны:

- использование внешних источников для организации некоторых процессов сетевого взаимодействия (администрирование, продвижение услуг, реклама, проведение исследований, стажировка, трудоустройство);
- объединение субъектов (заинтересованных образовательных организаций) с целью планирования, координации деятельности в рамках реализации сетевого взаимодействия при реализации общеобразовательной программы «Технология»;
- распределение ресурсов для эффективной реализации поставленных целей образования.

2. Этап построения нормативно-правовой базы сетевого взаимодействия при реализации общеобразовательной программы «Технология» включает в себя определение правовой основы сетевого взаимодействия. На данном этапе происходят:

- определение правил организации образовательного процесса, нормативной базы к нему;
- заключение соглашений, договоров.

3. Организационный этап включает в себя проектирование всех видов деятельности, которые могут быть реализованы в рамках сетевого взаимодействия. На данном этапе необходимо осуществить выбор предлагаемых вариантов реализации курса.

4. Этап реализации включает в себя все основные виды деятельности по осуществлению сетевого взаимодействия при реализации общеобразовательной программы «Технология». Этап реализации зависит от роли, исполняемой субъектом:

- кросс-организационное обучение – взаимное признание образовательных модулей;
- совместное использование исследовательских лабораторий, технических и научных центров коллективного пользования.

Коротко выделим особенности организации сетевого взаимодействия при условии реализации образовательной программы «Технология».

ФГОС ООО регламентирует совокупность предметных результатов обучения, примерная программа дисциплины «Технология» предполагает реализацию одиннадцати модулей, общих для пяти лет обучения. В ходе исследования были выделены разделы модулей, которые могут быть реализованы с использованием новейшего оборудования технопарка Шадринского государственного педагогического университета.

В разработанной программе на базе технопарка универсальных педагогических компетенций ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет» предусматривается следующее.

1. Полноценная реализация на базе технопарка Шадринского государственного педагогического университета нескольких разделов выделенных модулей:

- робототехника (5–8-й классы);
- элементы тепловой энергетики, электротехники и робототехники (6–7-е классы);
- энергетические технологии. Основы электротехники и робототехники (8-й класс).

Из приведенных примеров видно, что в процессе изучения дисциплины «Технология» особое внимание уделено работе с робототехническими устройствами. В учебниках и методических пособиях, а также в научных статьях рассматриваются вопросы изучения конструирования, управления и программирования робототехнических устройств [9]. Робототехническими наборами оснащена не каждая школа, поэтому данный материал следует изучать именно с привлечением квалифицированных кадров и инструментария из других образовательных организаций, таких как технопарк универсальных педагогических компетенций, кванториумы, IT-кубы,

точки роста. Осуществить подобную работу можно только за счет механизмов сетевого взаимодействия.

2. Частичная реализация разделов, выделенных модулей курса (на уровне отдельных уроков с использованием соответствующего оборудования). Анализ содержания курса технологии позволил сделать вывод о том, что данный школьный предмет включает в себя контекст дисциплины «Информатика и ИКТ», что отмечается в статье С.А. Бешенкова [10]. Приведем примеры частичной реализации разделов курса на базе технопарка:

1) раздел «Основы дизайна и графической грамоты». Тема «Инженерная графика» (8-й класс);

2) раздел «Современные и перспективные технологии». Тема «Информационные технологии» (Информация). Информационные технологии. 3-D принтер. Знакомство с профессиями: системный программист, прикладной программист) (6–7-е классы);

3) раздел «Технологии ведения дома». Тема Технология «Умный дом» (Система «Умный дом». Идеи творческих проектов) (7-й класс);

4) раздел «Электротехника и автоматика». Тема «Тенденции развития электротехники и электроэнергетики» (Солнечная электростанция. Ветроэлектростанция. Геотермальная энергия. Электросберегающие технологии. Идеи творческих проектов) (8-й класс).

3. Работа над проектами с использованием оборудования технопарка (5–8-е классы – 4 ч).

Реализация общеобразовательной программы «Технология» в сетевой форме предполагает, что процесс обучения может быть построен последовательно и параллельно.

При последовательной организации процесса обучения модули образовательной программы реализуются в разных образовательных организациях, после освоения одного модуля школьников переводят в другую организацию, уроки проходят в технопарке универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета, к другому педагогу. Особенностью параллельной реализации сетевой программы является то, что обучение по нескольким модулям может начаться одновременно, независимо друг от друга, параллельно. Учащиеся посещают школьные уроки технологии и параллельно (в другое время) – уроки педагогов технопарка. Возможно также сочетание последовательной и параллельной организации сетевого взаимодействия.

Заключение

Обобщенная модель помогает понять, как осуществить организацию сетевого взаимодействия образовательных организаций, а выстроенная подобным образом сетевая программа не только позволит реализовать все модули дисциплины «Технология» с минимальными затратами для общеобразовательных организаций, но и поможет раскрыть потенциал каждого школьника, заинтересованного в выполнении творческих проектов технической направленности. Сетевое взаимодействие в данном случае – это целенаправленная совместная деятельность двух субъектов (технопарка универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета и школы), которые выступают в роли независимых партнеров, идущих в конечном итоге к единой цели – всестороннему развитию каждого школьника.

Список литературы

1. Евдокимова В.Е., Устинова Н.Н. Использование робототехнических устройств как основы для обучения конструированию и программированию в старшем дошкольном возрасте // Мир науки, культуры, образования. 2018. № 2(69). С. 250-251.
2. Родионова Д.Д., Насонов А.А. Сетевое взаимодействие вузов культуры, музеев и религиозных организаций в рамках профильной подготовки музеологов // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 2. С. 23-32.
3. Евдокимова В.Е., Устинова Н.Н. Дополнительная общеобразовательная программа как пример сетевого взаимодействия учреждений образования // Мир науки. Педагогика и психология. 2021. Т. 9. № 5. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/12PDMN521.pdf> (дата обращения: 06.09.2022).
4. Третьяк Н.А. Формирование дорожной карты сетевого взаимодействия образовательных организаций как инструмента инновационного развития // Современное образование. 2018. № 4. С. 91-103.
5. Слинкина И.Н. Реализация мультисервисного сетевого взаимодействия в сфере образования // Вопросы педагогики. 2021. № 9-1. С. 107-110.
6. Слинкина И.Н., Устинова Н.Н. Дефиниция сетевого взаимодействия в сфере образования // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 71-2. С. 333-335.
7. Евдокимова В.Е., Кириллова О.А. Сетевое взаимодействие как форма совместной деятельности образовательных учреждений // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. 2021. № 4(52). С. 59-63.
8. Пряничникова О.Н. Повышение профессиональной компетентности педагогов в условиях модели сетевого взаимодействия // Известия АСОУ. 2014. № 2. С. 75-78.
9. Бешенков С.А., Шутикова М.И., Филиппов В.И. Методика организации внеурочной деятельности обучающихся V-IX классов с использованием робототехнического оборудования и сред программирования // Информатика в школе. 2019. № 7(150). С. 17-22. DOI 10.32517/2221-1993-2019-18-7-17-22.
10. Бешенков С.А., Шутикова М.И. Курс технологии как платформа современного информационно-технологического образования // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: материалы VI Международной научной конференции: в трех частях. Красноярск, 20–23 сентября 2022 года. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2022. С. 428-432.