СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 7, 2021

ISSN 1812–7320

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 1,021
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,305

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

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

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

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 1,021.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,305.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

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

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

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

Подписано в печать – 30.07.2021
Дата выхода номера – 30.08.2021

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 23,25.
Тираж 1000 экз.
Заказ СНТ 2021/7
Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

СТАТЬИ

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ САЖИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ
Абаляев А.Ю., Анисимов А.А. 7

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ПОДЪЕМАХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ
Болтнев Д.Е., Высоцкая И.А., Скрыпников А.В., Брюховецкий А.Н., Тверитнев О.Н., Тихомиров П.В. 13

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАКЕТОВ MATLAB.STATEFLOW/SIMULINK И ANYDYNAMICS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ
Вакушин А.А., Клебанов Б.И. 18

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ФРУКТОВ
Данг Т.Ф.Т., Юрченко А.В., Динь В.Т., Ляшенко Д.А., Нгуен Т.К. 24

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ
Кудрявцева С.С., Шинкевич М.В., Минулина О.В. 30

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИНЖИНИРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ
Малышева Т.В., Шинкевич А.И. 36

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ЛЯПУНОВУ
Ромм Я.Е., Буланов С.Г. 42

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В КОНТРОЛЕ И УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ
Середа С.Н. 61

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКИ СУДНА МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Соколов С.С., Ивановский А.Н. 67

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

СТАТЬИ

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО ВРАЧА
Алексеенко С.Н., Гайворонская Т.В., Дробот Н.Н. 73

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ: ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И СОДЕРЖАНИЕ
Аргунова Н.В., Макарова С.М., Попова А.М. 80

ДИАГНОСТИКА РЕФЛЕКСИВНОГО КОМПОНЕНТА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ
Бирюкова И.П., Бакланов И.О. 85

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ
Боровиков И.Г., Дьяков А.Н., Левчук А.А., Покидов А.Ю. 92

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ СТУДЕНТОВ ВУЗА НА ОСНОВЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫБОРА ВИДОВ СПОРТА
Зенкова Т.А., Шутьева Е.Ю., Гладковская А.П. 98

О ПРИЧИНАХ ПАССИВНОГО ОТНОШЕНИЯ СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ К БАЗОВОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ» В ВУЗАХ
Золотухина И.А., Емелин К.Г., Бартенева Л.М., Вдовин С.В. 104

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВОРОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ «1000 ДВОРОВ» В ПРИМОРСКОМ КРАЕ КАК ЧАСТЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ АРХИТЕКТУРНО-ДИЗАЙНЕРСКОГО ПРОФИЛЯ
Иванова О.Г., Копьёва А.В., Масловская О.В., Храпко О.В. 110

О ПРИОБРЕТЕНИИ ОПЫТА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ БУДУЩИМИ IT-СПЕЦИАЛИСТАМИ В УСЛОВИЯХ СТУДЕНЧЕСКОГО КРУЖКА
Ковалев С.В., Копышева Т.Н., Митрофанова Т.В., Смирнова Т.Н. 117

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАДРОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ
Красинская Л.Ф. 123

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВОРЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ
Краснощеков В.В., Семенова Н.В. 128

ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ В КОНТЕКСТЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ
Куприянчик Т.В., Ермякина Н.А. 136

РОЛЬ МОЛОДЁЖНОГО НАУЧНОГО КРУЖКА В ФОРМИРОВАНИИ И РАЗВИТИИ ХИМИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ВУЗА
Макарова О.А., Гринченко Е.Л., Уварова Т.А., Мендубаева З.А. 143

ОТНОШЕНИЕ К ДИДАКТОГЕНИИ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ
Мирошниченко А.А., Иванова Н.П., Протопопова Г.Л. 148

СПЕЦИФИКА ВОЛОНТЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЕКТАХ КУЛЬТУРЫ
Олешкевич К.И., Бжания М.З. 153

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ В СОЗДАНИИ МОДЕЛЕЙ ИГРОВЫХ МИНИАТЮР – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ
Пунчук М.А., Вознесенская Т.В. 158

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА В ПРОГРАММЕ ДВОЙНЫХ ДИПЛОМОВ
Склярова Е.А., Ерофеева Г.В. 166

ВЛИЯНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ НА УРОВЕНЬ ЗДОРОВЬЯ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ
Танцикужин Н.О., Найн А.А. 171

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ ДЕВУШЕК-СТАРШЕКЛАССНИЦ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИТНЕС-ТЕХНОЛОГИЙ
Шепеленко С.А. 177

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ МАГИСТРОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ 27.04.01 СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ
Юматова Э.Г. 182

CONTENTS

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

ARTICLES

ADVANCED COMPLEX SOOT PURIFICATION SYSTEM
OF GENERATOR GASES FOR SMALL POWER COGENERATION UNITS
Abalyaev A.Yu., Anisimov A.A. 7

OPTIMIZATION OF FOREST TRUCK TRAFFIC TRAFFIC
ON THE LIFTS OF FOREST ROADS
Boltnev D.E., Vysotskaya I.A., Skrypnikov A.V., Bryukhovetskiy A.N., Tveritnev O.N., Tikhomirov P.V. 13

COMPARATIVE ANALYSIS OF MATLAB.STATEFLOW/SIMULINK
AND ANYDYNAMICS PACKAGES FOR BUILDING SIMULATION
MODELS OF SOCIAL SYSTEMS
Vakushin A.A., Klebanov B.I. 18

A FRUIT RECOGNITION SYSTEM USING A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
Dang T.F.T., Yurchenko A.V., Din V.T., Lyashenko D.A., Nguyen T.K. 24

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL RESPONSE OF PETROCHEMICAL
ENTERPRISES BASED ON INNOVATION
Kudryavtseva S.S., Shinkevich M.V., Minulina O.V. 30

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED INFORMATION CONTROL SYSTEM
FOR THE ENGINEERING PROCESS OF ENVIRONMENTAL PRODUCTIONS
Malysheva T.V., Shinkevich A.I. 36

NUMERICAL MODELING OF LYAPUNOV STABILITY
Romm Ya.E., Bulanov S.G. 42

ASSESSMENT OF PROFESSIONAL RISKS IN THE CONTROL
AND MANAGEMENT OF MANUFACTURING PROCESSES
Sereda S.N. 61

AUTOMATIZATION OF DRAFT MARKS READING ON SHIPS
WITH MACHINE LEARNING
Sokolov S.S., Ivanovskiy A.N. 67

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

ARTICLES

PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES AND COMPETENCE APPROACH
IN THE SYSTEM OF TRAINING THE FUTURE DOCTOR
Alekseenko S.N., Gayvoronskaya T.V., Drobot N.N. 73

INDUSTRIAL PRACTICE ON RESEARCH WORK
IN THE PRACTICAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS
OF MATHEMATICS: MAIN APPROACHES AND CONTENT
Argunova N.V., Makarova S.M., Popova A.M. 80

DIAGNOSTICS OF THE RESEARCH COMPETENCES REFLEXIVE COMPONENT
Biryukova I.P., Baklanov I.O. 85

THE METHOD OF USING TRAINING TOOLS LEARNING TECHNICAL PERSONNEL
Borovikov I.G., Dyakov A.N., Levchuk A.A., Pokidov A.Yu. 92

EFFICIENCY OF PHYSICAL CULTURE CLASSES OF UNIVERSITY STUDENTS ON THE BASIS OF THE INDEPENDENT CHOICE OF SPORTS
Zenkova T.A., Shutyeva E.Yu., Gladkovskaya A.P. 98

ABOUT THE REASONS FOR THE PASSIVE ATTITUDE OF STUDENTS OF VARIOUS AREAS OF PREPARATION FOR THE BASIC DISCIPLINE «PHYSICAL EDUCATION» IN UNIVERSITIES
Zolotukhina I.A., Emelin K.G., Barteneva L.M., Vdovin S.V. 104

DESIGN OF RESIDENTIAL BLOCK-ADJACENT AREAS UNDER THE 1000 YARDS PROGRAM IN PRIMORYE REGION AS A PART OF ARCHITECTURE AND DESIGN STUDENTS' PRACTICE-ORIENTED EDUCATION
Ivanova O.G., Kopeva A.V., Maslovskaya O.V., Khrapko O.V. 110

ABOUT GAINING EXPERIENCE IN RESEARCH WORK OF FUTURE IT SPECIALISTS IN THE CONDITIONS OF A STUDENT CIRCLE
Kovalev S.V., Kopysheva T.N., Mitrofanova T.V., Smirnova T.N. 117

ADDITIONAL PROFESSIONAL TRAINING OF PERSONNEL: PROBLEMS AND WAYS TO SOLVE THEM
Krasinskaya L.F. 123

TECHNOLOGY OF STUDENTS MATHEMATICAL TRAINING USING CREATIVE CONTROL TASKS
Krasnoschekov V.V., Semenova N.V. 128

PROJECT-BASED LEARNING IN THE CONTEXT OF TEACHING FOREIGN LANGUAGE FOR SPECIFIC PURPOSES
Kupriyanchik T.V., Ermyakina N.A. 136

THE ROLE OF THE YOUTH SCIENTIFIC CIRCLE IN THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF CHEMICAL COMPETENCIES OF UNIVERSITY STUDENTS
Makarova O.A., Grinchenko E.L., Uvarova T.A., Mendubaeva Z.A. 143

ATTITUDE TO DIDACTOGENY OF FUTURE TEACHERS
Miroshnichenko A.A., Ivanova N.P., Protopopova G.L. 148

SPECIFICS OF VOLUNTEER ACTIVITY IN CULTURAL PROJECTS
Oleshkevich K.I., Bzhaniya M.Z. 153

USE OF 3D PRINTING IN CREATING GAME MINIATURE MODELS: NEW TECHNOLOGIES AND PERSPECTIVES IN EDUCATIONAL PROCESS
Punchuk M.A., Voznesenskaya T.V. 158

EDUCATION AND TRAINING ECOSYSTEM IN DOUBLE DEGREE PROGRAMME
Sklyarova E.A., Erofeeva G.V. 166

INFLUENCE OF PEDAGOGICAL TECHNOLOGY OF PHYSICAL EDUCATION ON THE HEALTH LEVEL OF YOUNGER SCHOOL CHILDREN
Tantsikuzhin N.O., Nayn A.A. 171

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF PHYSICAL EDUCATION OF HIGH SCHOOL GIRLS BASED ON THE APPLICATION OF FITNESS TECHNOLOGIES
Shepelenko S.A. 177

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF FUTURE MASTERS TRAINING ON THE EDUCATIONAL PROGRAM 27.04.01 STANDARDIZATION AND METROLOGY
Yumatova E.G. 182

СТАТЬИ

УДК 66.074.2

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ САЖИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Абаляев А.Ю., Анисимов А.А.

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, e-mail: ice_aya@bk.ru

Проведен анализ систем очистки генераторного газа и физических принципов, лежащих в основе их работы. Установлено, что содержание сажи в генераторном газе может доходить до 80–110 г/м^3. Показано, что до 92–95% загрязняющих частиц имеют размер от 1 до 60 мкм со значительным количественным преобладанием мелкодисперсных (1–8 мкм) фракций. Отмечено, что сажа и зола уноса, образующиеся при газификации органических топлив, обладают высокой химической и эрозионной активностью, при этом доля несгоревшего топлива в генераторном газе составляет до 25–67%. Проанализированы недостатки существующих систем очистки, таких как циклоны, скрубберы, с фильтрующей перегородкой и электрофильтры. Выявлены основные факторы, влияющие на процесс фильтрации, такие как аэродинамический фактор, режим фильтрации и кулоновское взаимодействие. Сделан вывод о необходимости использования комплексного, комбинированного, подхода к очистке генераторного газа. На основании проведенного анализа предложена конструкция комбинированной системы очистки газов, обеспечивающей, при общем расходе генераторного газа 105–120 м^3/час с запыленностью до 2–8 г/м^3, отбор 72–85 м^3/час обеспыленного газа с возвратом на дожигание 25–45 м^3/час газа с запыленностью до 25–35 г/м^3. К преимуществам предлагаемой системы очистки можно отнести значительное снижение потерь давления, дожигание пыли в основном энергетическом процессе, возможность длительной бесперебойной работы, а также универсальность системы очистки, позволяющую использовать её в энергетических установках различных конструкций, назначения и производительности.

Ключевые слова: система очистки, газогенератор, генераторный газ, сажа, пыль, зола, мелкодисперсные частицы

ADVANCED COMPLEX SOOT PURIFICATION SYSTEM OF GENERATOR GASES FOR SMALL POWER COGENERATION UNITS

Abalyaev A.Yu., Anisimov A.A.

Vladimir State University n.a. Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: ice_aya@bk.ru

An analysis of generator gas purification systems and principles of its work is provided. A soot concentration in generator gas is defined approximately of 80…100 g/m^3. Defined that approximately 92…95% of particles have a diameter from 1 to 60 μm with 1 to 8 μm predomination. Noticed that soot and cinder formed through the gasification of organic fuels have high chemical and erosion activity, which the proportion of unburned fuel in the generator gas is up to 25 ... 67%. The drawbacks of the existing treatment systems, such as cyclones, scrubbers, filters and electrostatic precipitators, are analyzed. The main factors that addict to the filtration, such as the aerodynamic factor, the filtration mode and the Coulomb interaction, are revealed. Is concluded, that an complex and combined process is necessary for generator gas purification. Proposed design of advance complex purification system of generator gas with full flow of 105…120 m^3/h with dust concentration to 2…8 g/m^3. A purified gas flow of those system is 72…85 m^3/h and the recirculated gas flow is 25…45 m^3/h with dust concentration to 25…35 g/m^3. An advantage of those purification system is low pressure losses, soot and dust reburning in main gas generation process, long time term of smooth operation, and universal design that consider to use of provided purification system in wide range of gas generators and thermal cogeneration units.

Keywords: purification system, generator gas, soot, dust, cinder, microfine particles

Современная тенденция использования местных (региональных) возобновляемых и частично возобновляемых топливо-энергетических ресурсов приводит к расширению использования энергетических установок малой и средней мощности (ЭУММ). К ним относятся устройства мощностью от 20–25 до 350–800 кВт различных схем, типов, видов и конструкций, отличающиеся организацией рабочих процессов и предназначенные для преобразования энергетического потенциала химических связей органического топлива в тепловую, электрическую и механическую энергию [1–3]. Среди ЭУММ на местных (региональных) топливах преобладают тепловые (отопительные) установки с двухстадийным или комбинированным газогенераторным процессом, как показавшие наибольшую эффективность при использовании низкосортных, низкокалорийных, высокозольных, с большим выходом летучих веществ и с высоким содержанием смол, видов топлива [4–6]. Поэтому наблюдается интенсивное развитие перспективных автономных когенерационных газогенераторных моторных установок для комплексного тепло-энергоснабжения [3, 5]. Однако характерный для газогенераторных ЭУММ специфический физико-химический и фракционный состав сажи, золы уноса и газов позволяет сделать вывод об актуальности проблемы

очистки генераторного газа, а в перспективе и широкого спектра промышленных энергетических газов и воздуха, от пыли, сажи и аэрозолей.

Цель исследования:

- проведение анализа состава, механических и физико-химических свойств загрязнений генераторного газа;
- выполнение анализа конструкций современных систем очистки газов и физических принципов, лежащих в основе их работы;
- анализ факторов, действующих в системах очистки генераторного газа;
- разработка конструкции перспективной комбинированной системы очистки генераторного газа от сажи и других твёрдых примесей.

Материалы и методы исследования

В процессе работы проведён анализ литературных источников и результатов экспериментальных исследований систем очистки газов от твёрдых примесей. Выполнен анализ действующих в системах очистки газов факторов и их влияние на конструкцию перспективной системы очистки генераторного газа. На основании проведённого анализа выполнена разработка перспективной системы очистки генераторного газа от сажи и золы уноса для энергетических установок малой мощности.

Результаты исследования и их обсуждение

Сажа и зола уноса представляет собой смесь частиц топлива с различной степенью выгорания, сажи, золы, шлака и коагуляционных, часто многокомпонентных, агрегатов (так называемых агрегационных элементов), с неоднородной внутренней структурой и высоким содержанием адсорбтива в поверхностных слоях. Фракционный и физико-химический состав частиц сажи нестабильный – размер крайних фракций может различаться на 2–3 порядка [7–9]. Принято считать, что сажа, содержащаяся в генераторном газе, в своем первоначальном виде склонна к скрытой и медленной тепловой коагуляции [7, 10]. До 20–30 % массы золы составляют водорастворимые соединения – щелочные катионы. Отмечается, что зола и сажа, образующиеся при газификации и сжигании древесины, растительных остатков, торфа или сланцев обладают высокой каталитической, коррозионной и эрозионной активностью [7, 10]. При этом, как при непосредственном сжигании, так и при газификации высокозольных топлив: сланцев, бурого угля, торфа, твёрдых бытовых отходов (ТБО) – содержание сажи и золы может доходить до 80–110 г/м^3, а содержание несгоревшего топлива в них – до 25–67 % [8, 10, 11].

Фракционный состав золы органического твёрдого топлива, по данным фирмы «*BETH*» (ФРГ), изменяется в пределах от 1–2 мкм до 60–80 мкм. До 92–95 % образующихся в процессе газификации частиц имеет размер от 10 до 60 мкм, однако наблюдается и весьма существенная доля наиболее опасных с точки зрения экологии и эксплуатационной надёжности промышленного оборудования мелкодисперсных фракций от 1–2 мкм до 4–8 мкм включительно. Эффективная очистка газов от мелкодисперсных частиц золы, сажи и пыли, в настоящее время достигается применением тканевых, волокнистых или композитных металлокерамических фильтров и скоростных промывателей Вентури [7–9].

В настоящее время широкое применение получили разнообразные системы очистки. Каждая из них предназначена для определённых областей применения и обладает своими преимуществами и недостатками. К основным недостаткам различных классов систем очистки относятся:

центробежные (циклоны) – повышенный пропуск мелких (< 10 мкм) фракций, снижение эффективности очистки в условиях нестационарного потока газа и на частичных режимах, ограничение максимальной температуры эксплуатации, наличие ограничений по физико-химическим свойствам частиц;

мокрые (скрубберы) – высокая стоимость создания и эксплуатации, необходимость обеспечения больших, не менее 2000–5000 м^3/час, расходов газа, дополнительные затраты на осушку газа;

с фильтрующей перегородкой – низкая пылеёмкость, сильно выраженная зависимость тонкости очистки и производительности от фракционного состава и физико-химических свойств пыли, снижение показателей в процессе эксплуатации, высокие трудоемкость и стоимость технического обслуживания, необходимость утилизации фильтрующего элемента;

электрофильтры – высокие затраты на создание и эксплуатацию, большие габариты и относительно негибкая компоновка оборудования, трудоёмкое техническое обслуживание, ограничение максимальной температуры эксплуатации, наличие ограничений по физико-химическим свойствам частиц и газа.

В промышленности и в энергетике нашли широкое применение комбинированные системы, например, циклон и рукавный фильтр, позволяющие эффективно исполь-

зовать преимущества и взаимно компенсировать недостатки различных систем очистки [7, 8]. Но данные системы требуют регулирования расхода газа, с целью создания и поддержания определённой величины перепада давления по ступеням очистки, и обладают критической аварийной неустойчивостью, выражающейся в том, что частичное забивание рукавного фильтра пылью приводит к снижению расхода газа и эффективности очистки в циклоне, повышенному проскоку пыли на рукавный фильтр и дальнейшему ускоренному его забиванию. Для ЭУММ в настоящее время признается наиболее эффективной и перспективной высокотемпературная система очистки на фильтрующих перегородках (сажевые фильтры) [12]. Однако она также не лишена определенных недостатков.

Основные физико-химические и технологические процессы и явления, наблюдаемые при очистке генераторного газа, определяются аэродинамическими факторами, режимом фильтрации и кулоновским (электростатическим) взаимодействием.

Аэродинамический фактор, или внутреннюю аэродинамическую циркуляцию, можно разделить на несколько составляющих. Во-первых, аэродинамический поток, а следовательно, и циркуляция, в центробежных системах очистки (циклонах) является:

− нестационарным, что особенно ярко выражено для мультициклонов и при высоких пылевых нагрузках [7, 8, 10];

− вихревым, о чём свидетельствует эпюра распределения тангенциальной составляющей скорости движения частицы, подчиняющаяся степенному закону

$$u_\tau = \xi R^{-n} \text{ при } n = 0{,}5–0{,}7,$$

где ξ – коэффициент пропорциональности, R – радиус траектории движения частицы, n – показатель степени, для безвихревого движения $n = 1$ [10];

− неравномерным, с внутренними локальными потоками и перетоками, с трансформацией потока как в осевом и радиальном направлениях, так и на конструкционных элементах, например на входе в отводящий патрубок, на выходе из него, в аппарате закрутки и в диффузорах, образованных внешним корпусом.

Во-вторых, в центробежных системах очистки потоки характеризуются переменным режимом пограничного трения и дрейфом отдельных, наиболее мелких фракций и частиц пыли, относительно общего потока, обусловленным диффузионными явлениями. В конструкциях с щелевым или сеточным фильтрующим элементом или на фильтрующих перегородках с отбором чистого газа наблюдается значительное изменение параметров циркуляции потока и специфическая деградация пограничного слоя за счет его отсоса. Изменение расхода, удельного содержания пыли и других параметров газа приводит как к качественным, так и к количественным изменениям параметров потока. Поэтому основные параметры процесса центробежной очистки газов, такие как массовый расход газа, аэродинамическое сопротивление и эффективность очистки по отдельным фракциям, не связаны между собой однозначными функциональными зависимостями и лишь частично определяются конструкцией и соотношением размеров.

В-третьих, скорость витания в зависимости от размера фракции для частиц сажи также не имеет однозначной функциональной зависимости из-за разницы в удельной плотности как для агрегационных элементов, так и для частиц, ввиду их различной природы. Кроме того, использование в процессе расчётно-экспериментальных исследований искусственных пылевидных сред, например кварцевой пыли однородного фракционного состава, приводит к существенному искажению и завышению показателей эффективности процесса очистки [7, 9, 13]. В теории и практике расчета и оптимизации параметров аэродинамического потока ряд авторов рекомендует использовать различные критериальные зависимости, такие как предложенная Бартом $u_{\tau,max}/u_e$, а также некоторые допущения, например, о значительном превышении потерь кинетической энергии газа в циклоне над суммарными потерями от других причин.

Режим фильтрации является основным фактором, влияющим на размеры фильтрующей перегородки, и в значительной мере определяется свойствами её материала. Следует различать *полнопоточный* режим работы фильтра, когда весь газ проходит через фильтрующую перегородку, и *неполнопоточный* режим, при котором из движущегося потока газа над фильтрующей перегородкой отбирается только его часть. В последнем случае режим фильтрации характеризуется коэффициентом конверсии или отношением полного массового расхода газа к расходу через фильтрующую перегородку. Параметры процесса очистки в зависимости от режима фильтрации при улавливании сажи изменяются в весьма широких пределах. Так, например, рекомендуемая скорость фильтрации газа при улавливании сажи равна 0,02–1,5 м^3/(м^2·с) [7–9]. Несмотря на то, что фильтрация обеспечивает достаточно высокие показатели производительности и эффективности очистки

даже при значительном повышении удельного содержания, дисперсности и разнородности химического и фракционного состава сажи и пыли, однозначный выбор её оптимальных параметров, таких как скорость потока газа и коэффициента конверсии, в зависимости от параметров фильтрующей перегородки, температуры газа и т.п. на основании только расчетных исследований, по-видимому, невозможен. Следовательно, для создания эффективных систем очистки генераторного газа с помощью сажевых фильтров требуется проведение значительного объёма экспериментальных исследований.

Кулоновское (электростатическое) взаимодействие проявляется в процессе фильтрации, особенно при высоких температурах, при появлении электрического заряда (разности потенциалов) как на фильтрующей перегородке, так и на частицах сажи и пыли [7, 8]. Частицы можно отнести к одному из трех классов [10, 14]:

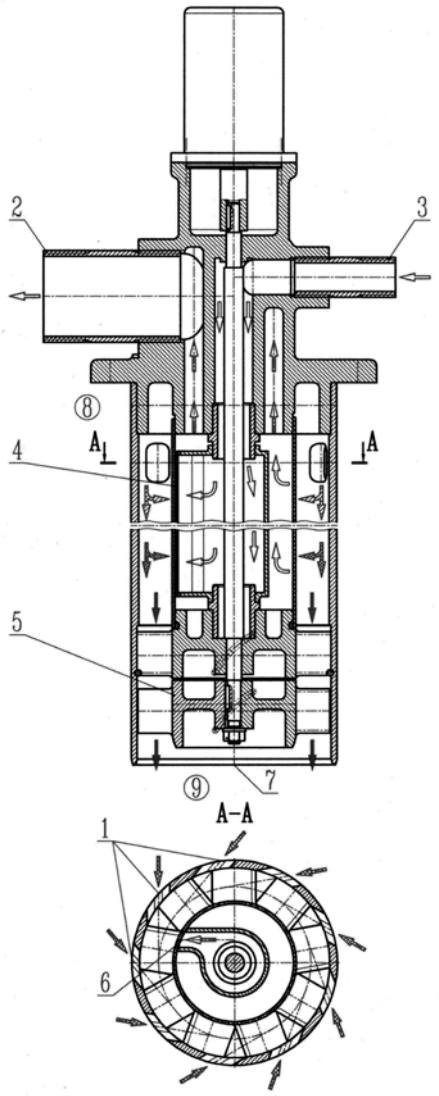
I (I*A*, I*B*) – приобретают заряд и не агломерируются (к группе I*A* относятся комплексные, отожжённые соединения окислов кремния и кальция);

II (II*A*, II*B*) – приобретают заряд и агломерируются (к группе II*B* с высоким рассеянием заряда относится угольная (графитовая) пыль, сажа);

III – неактивные частицы (не влияет заряд на фильтре – окись алюминия)

Величина разности потенциалов зависит как от материала фильтрующей перегородки и конструкции фильтра, так и от свойств и параметров газа, вида и фракционного состава пыли и сажи, и параметров взаимодействия или способа передачи заряда. Например, электростатический потенциал на элементарном стекловолокне после термохимической обработки кремнийорганическими соединениями, в условиях модельной экспериментальной установки достигает +15 В [10].

Электростатическое взаимодействие оказывает влияние как на эффективность и производительность фильтрации, так и на процессы регенерации фильтрующей перегородки. Так, при искусственном создании электростатического потенциала на армированном стекловолокне эффективность фильтрации для фракций пыли 1–5 мкм может возрастать в несколько раз) [10]. Использование эффекта кулоновского взаимодействия в условиях фильтрации из движущегося над фильтрующей перегородкой потока газа может существенно повысить производительность и эффективность процесса очистки генераторного газа и ресурс фильтрующих элементов.



Встроенная комбинированная сухая система очистки генераторного газа: 1 – тангенциальный вход, 2 – штуцер отбора очищенного газа, 3 – штуцер подвода газа для продувки, 4 – фильтрующий патрон, 5 – вентилятор, 6 – вращающаяся насадка, 7 – отверстие сброса газа, 8 – верхний колпак обогрева, 9 – подколосниковое пространство

На основе анализа основных теоретических положений, существующих конструкций, опытно-конструкторских работ по модернизации автономных газогенераторных отопительных ЭУММ зарубежного производства и когенерационных газогенераторных установок при переводе на местные (региональные) виды топлива разработана встроенная комбинированная высокотемпературная сухая система очистки газа с частичной рециркуляцией (рисунок). Предлагаемая комбинированная система состоит из первой, рециркуляционной, ступени цен-

тробежной очистки генераторного газа от крупных и средних фракций сажи и пыли с последующей фильтрацией мелких фракций на второй ступени – встроенном патронном сажевом фильтре с автоматической непрерывной регенерацией. Принудительная рециркуляция осуществляется путём возврата части генераторных газов с повышенным содержанием пыли из первой ступени в высокотемпературную зону реакции для дожигания и тепловой коагуляции частиц, что, в частности, способствует улучшению показателей основного энергетического процесса.

Один из вариантов конструкции, предназначенной для использования в составе газогенераторов когенерационных установок, показан на рисунке. Забор генераторного газа с температурой 250–300 ºС осуществляется из верхнего колпака обогрева бункера (8) через 2–12 тангенциальных входа (1). Закрученный поток газа проходит вдоль фильтрующего патрона (4) с жестким двойным каркасом и через отверстие (7) сбрасывается в подколосниковое пространство (9). Жесткая каркасная конструкция фильтрующего патрона позволяет применять различные, в том числе нетканые и навивные, фильтрующие материалы и, кроме того, позволяет повысить температуру фильтруемого газа, срок службы фильтрующего элемента и другие эксплуатационные свойства установки. Затем рециркулируемый газ с повышенным содержанием сажи и пыли проходит через активный, разогретый до 700–900 ºС, слой золы над колосниками и смешивается с основным потоком газа. Подача охлажденного генераторного газа в подколосниковую зону способствует более эффективной грануляции зольного остатка. Рациональное применение режима рециркуляции стабилизирует процесс образования генераторного газа и повышает энергетическую эффективность основного оборудования. Вентилятор (5) создает направленный поток рециркуляции и предотвращает возможность возникновения обратного (во время пуска) или двойного (тупикового – снизу и сверху) потока и работает в основном в режиме авторотации. Отбор очищенного газа осуществляется через штуцер (2), а подвод газа для продувки фильтрующего патрона – через штуцер (3) по системе каналов во вращающуюся насадку (6) со смещенным, относительно оси, соплом. Выходящий из насадки (6) поток продувочного газа увеличивает скорость циркуляции основного потока газа. Наибольшую эффективность регенерации показала насадка со спиральным продувочным соплом, однако она существенно сложнее в изготовлении. Регенерация фильтрующего патрона может осуществляться либо непрерывно, либо периодически, при достижении определенного перепада давления на фильтрующей перегородке, без остановки или изменения режима работы основного оборудования. Расход газа на продувку может быть доведен до 20–25 % от расхода очищенного газа, а удельный расход – до 2,5–3,5 м^3/(м^2·с).

Для отопительной ЭУММ, при общем расходе продуктов сгорания 105–120 м^3/ч с запыленностью до 2–8 г/м^3, расход обеспыленного газа составляет 72–85 м^3/ч, а возврат на дожигание – 25–45 м^3/ч с запыленностью до 25–35 г/м^3. Возврат на дожигание осуществлялся в режиме естественной рециркуляции при температуре газа 400–500 ºС в зону с минимальной начальной температурой более 750–850 ºС с утилизацией зольного остатка в общем зольнике за счет расположения основных элементов базовой конструкции.

К преимуществам предлагаемой системы очистки относятся:

− постоянный расход газа на первой, центробежной ступени, обеспечивающий наиболее эффективную очистку независимо от отбора газа;

− фильтрация газа на второй ступени осуществляется из скоростного, 3,5–5 м/с (в перспективе до 15 м/с), пристеночного потока с уменьшенным почти на два порядка удельным содержанием пыли и регулируемой конверсией;

− значительное снижение потерь давления или, соответственно, повышение скорости потока, при том же перепаде давления, за счет прямоточной схемы и отказа от отводящего патрубка;

− благоприятная, как с точки зрения центробежной очистки, так и фильтрации газа, эпюра распределения скоростей в продольном и поперечном направлениях;

− встроенная автоматическая система регенерации, обеспечивающая длительную бесперебойную работу основного оборудования;

− непосредственная утилизация и дожигание сажи и пыли в основном энергетическом процессе;

− универсальность системы очистки, позволяющая использовать её в ЭУММ различных конструкций, назначения и производительности.

Заключение

Генераторный газ содержит в своём составе сажу и золу уноса широкого фракционного состава, что делает необходимым его фильтрацию при использовании в энергетических установках.

Анализ конструкций известных установок газо- и пылеочистки и действующих в них факторов показывает необходимость комплексного подхода при разработке систем очистки генераторного газа, предназначенных для использования в ЭУММ.

Разработанная конструкция встроенной комбинированной высокотемпературной сухой системы очистки генераторного газа с частичной рециркуляцией оснащена встроенной системой регенерации и благодаря своей универсальности может быть применена на ЭУММ, работающих на местных (региональных) топливо-энергетических ресурсах.

Список литературы

1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение: практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, земли, воды, биомассы СПб.: Наука и Техника, 2014. 320 с.

2. Wood gas as engine fuel. FAO Forestry paper 72 (Mechanical Wood Products Branch, For-est In-dustries Division, FAO Forestry Department). Food and agriculture organization of United Na-tions, Via delle Terme di Caracalla, 00100, Rome, Italy, 1986. 133 p.

3. Цыгарова М.В. Энергетическое использование древесной биомассы: учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2015. 52 с. [Электронный ресурс]. URL: http://lib.sfi.komi.com/ft/301-001358.pdf (дата обращения: 23.06.2021).

4. Тетерина М.А., Якимович С.Б., Ефимов Ю.В. Комплексное использование древесины. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 44 с.

5. Чижиков А.Г., Росс М.Ю., Кожевников Ю.А., Копытов В.В., под ред. Щекочихина Ю.М. Термохимическая конверсия органического сырья. М.: Агрорус, 2012. 245 с.

6. Копытов В.В. Газификация конденсированных топлив: ретроспективный обзор, современное состояние дел и перспективы развития. М.: Инфра-Инженерия, 2012. 504 с.

7. Дорожко С., Малькевич Н., Морзак Г. Технические основы охраны окружающей среды: учебное пособие, 4 тома. Минск: БНТУ, 2012. 1197 с.

8. Сугак Е.В. Процессы очистки газов в турбулентных газодисперсных потоках: Моде-лирование и интенсификация. Saarbruken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co, 2011. 308 с.

9. Казакова Е.Г., Леканова Т.Л. Очистка и рекуперация промышленных выбросов цел-люлозно-бумажной промышленности: учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2013. 192 с.

10. Кормина Л.А., Лазуткина Ю.С. Технологии очистки газовых выбросов: учебное пособие. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2019. 263 с.

11. Молчанов В.Н., Лисянский Ю.А., Молчанов А.В. Методы, аппараты и системы промышленной очистки газов. Бушин. Чешская республика: EKOLTRONIK CZECH s.r.o., 2011. 680 с.

12. Полина И.Н. Технология рекуперации газовых выбросов: учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ, 2013. 94 с.

13. Исянов Л.М., Васильева Е.А., Антонов И.В., Крашенинникова И.А. Основы проектирования пылеулавливающих установок для очистки вентиляционных выбросов: учебное пособие. 2-е изд. перераб. и доп. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2016. 50 с.

14. Frederick E.R., Bartolomew G.A. Method of changing the bulk density of powdered ma-terials // United States Pat. № US2896263A. Patent holder Albany Felt Corp. July 1959.

УДК 62-581.38

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ПОДЪЕМАХ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

[1]Болтнев Д.Е., [1]Высоцкая И.А., [1]Скрыпников А.В., [2]Брюховецкий А.Н., [1]Тверитнев О.Н., [3]Тихомиров П.В.

[1]Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, e-mail: BoltnevDE@mail.ru, i.a.trishina@gmail.com, skrypnikovvsafe@mail.ru, olegtveritnev@mail.com;
[2]Луганский национальный аграрный университет, Луганск, e-mail: bruhoveckiy@rambler.ru;
[3]Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, e-mail: vtichomirov@mail.ru

Строительство сети лесовозных дорог обеспечивает доступ к лесным ресурсам и является одной из наиболее затратных статей расходов для лесозаготовительных предприятий. По мере увеличения интенсивности движения на лесовозных автомобильных дорогах возникает необходимость модернизации и оптимального проектирования её элементов для увеличения пропускной способности. Скорость движения автомобиля является одной из важных характеристик, посредством которой можно оценить степень влияния параметров автомобильной дороги на экономические показатели её эксплуатации, в том числе на пропускную способность и интенсивность движения. В работе рассмотрены условия движения лесовозов на подъемах, проведены специальные наблюдения с целью выявления скоростного режима грузового лесовозного транспорта. Сочетание отдельных участков проектной линии на подъемах, имеющих разную длину и разные уклоны, должно, по возможности, обеспечить преодоление лесовозом подъема на прямой передаче, причем скорость движения лесовоза в конце подъема не должна снижаться ниже критической для данной передачи. В результате анализа наблюдений построены графики, показывающие, при каких дорожных сопротивлениях и каких скоростях лесовозов возможна их равномерная скорость движения. Получены выводы о возможности графического способа определения среднего расхода топлива лесовозов, для расчета и сравнения различных вариантов проектной линии лесовозной дороги.

Ключевые слова: лесовозные автомобильные дороги, проектирование дорог, интенсивность дорожного движения, скорость автомобиля по подъеме, проектная линия лесовозной дороги

OPTIMIZATION OF FOREST TRUCK TRAFFIC TRAFFIC ON THE LIFTS OF FOREST ROADS

[1]Boltnev D.E., [1]Vysotskaya I.A., [1]Skrypnikov A.V., [2]Bryukhovetskiy A.N., [1]Tveritnev O.N., [3]Tikhomirov P.V.

[1]Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: BoltnevDE@mail.ru, i.a.trishina@gmail.com, skrypnikovvsafe@mail.ru, olegtveritnev@mail.com;
[2]Lugansk National Agrarian University, Lugansk, e-mail: bruhoveckiy@rambler.ru;
[3]Bryansk State Engineering and Technological University, Bryansk, e-mail: vtichomirov@mail.ru

The construction of a network of logging roads provides access to forest resources and is one of the most expensive items of expenditure for logging companies. As the intensity of traffic on timber highways increases, it becomes necessary to modernize and optimally design its elements to increase the throughput. The speed of a car is one of the important characteristics by means of which it is possible to assess the degree of influence of the parameters of a road on the economic indicators of its operation, including on throughput and traffic intensity. The paper discusses the conditions for the movement of timber trucks on the rise, carried out special observations in order to identify the speed of timber freight transport. The combination of individual sections of the project line on lifts with different lengths and different slopes should, if possible, ensure that the timber truck overcomes the lift in a direct drive, and the speed of the timber truck at the end of the lift should not decrease below the critical speed for this transfer. As a result of the analysis of observations, graphs were constructed showing at what road resistance and what speeds of timber trucks their uniform speed of movement is possible. Conclusions are obtained about the possibility of a graphical method for determining the average fuel consumption of timber trucks, for calculating and comparing various options for the design line of a timber road.

Keywords: timber highways, road design, traffic intensity, vehicle uphill speed, timber road design line

Идеальным профилем автомобильной дороги с точки зрения вождения автомобиля является прямой горизонтальный участок или участок, имеющий малые (до 1–2%) уклоны, на котором автомобиль может двигаться с максимальной скоростью, используя все свои динамические качества. Построить дорогу с таким продольным профилем очень проблематично и дорого, а в некоторых случаях, например в лесном массиве, не представляется возможным. В большинстве случаев ось лесовозной автомобильной дороги (далее – дороги) в продольном профиле представляет собой ломаную линию, состоящую из отдельных участков с различными уклонами. В зависимости от сочетания элементов продольного профиля дороги постоянно меняется и ско-

рость движения лесовозного автомобиля (далее – лесовоза).

Исследования, связанные с определением скоростей автомобилей на подъемах, описанные в работах [1, 2], содержат неточности, поскольку они проводились при постоянной степени подачи топлива. Это не соответствует реальным условиям движения автомобиля, при котором водитель постоянно меняет степень подачи топлива в зависимости от дорожных условий, скорости движения, дорожных сопротивлений. В связи с этим скорость движения автомобилей непрерывно меняется.

Для определения реальных условий движения лесовозов на подъемах, а также и с целью выявления действительных скоростей движения автомобилей, при тех же условиях были проведены специальные исследования (наблюдения), которые проводились на одном из дорожных участков, имеющем наибольшую разницу в высотных отметках и крутые уклоны дороги. Исследование скоростей движения лесовозов при различном сочетании уклонов продольного профиля дороги, несомненно, может внести существенные поправки в существующие нормы и методы проектирования продольного профиля дорог.

Наблюдения за движением лесовозов на подъеме. Наблюдения имеют цель выявления оптимальных скоростей движения лесовозов на подъемах и подходах к ним. Для этого был выбран тот же дорожный участок, на котором проводились и наблюдения за скоростными показателями автомобилей на фиксированных участках дороги.

Во время наблюдений фиксировалось время, за которое лесовоз проезжал участок длиной 100 м. Выбор створов для наблюдений возле пикетных столбов давал возможность в дальнейшем их легко восстановить. Всего на опытном участке было подобрано 16 створов дороги. У каждого створа находился один наблюдатель, имеющий при себе секундомер, которым он измерял время, за которое автомобиль проходил фиксированный участок дороги. Каждый наблюдатель включал секундомер по сигналу предыдущего, подававшего сигнал в момент прохождения автомобилем его створа дороги. Секундомер выключался в тот момент, когда передние колеса автомобиля проходили створ наблюдателя. Таким образом, фиксировалось время, за которое автомобиль проходил расстояние между двумя соседними пикетными столбами (створами).

Количество наблюдаемых лесовозов составило 41 единицу, в том числе по маркам автомобилей: КАМАЗ 53229 – 27; УРАЛ 4320-6952-72 – 14. По полученным данным определялись средние скорости лесовозов на фиксированных участках дороги.

Приведенные наблюдения за движением автомобилей на уклонах позволили установить параметры их скоростного режима для дальнейших теоретических исследований.

Из анализа наблюдений скоростного режима лесовозов выявлено, что водители автомобилей стремятся поддерживать постоянную скорость движения при преодолении подъема путем большей степени подачи топлива. Нормальная степень подачи топлива на горизонтальном участке или близкого к горизонтальному (коэффициент дорожных сопротивлений Ψ до 0,025) имеет степень около 0,4. Во время движения на участке с уклонами до 0,02 (Ψ до 0,045) степень подачи топлива постепенно увеличивается до 0,6. С увеличением уклона до 0,03 (Ψ до 0,055) в периоде снижения скорости степень подачи топлива резко увеличивается до 0,8. Более крутые уклоны лесовозы проходят при максимальной степени подачи топлива, а скорости на подходах автомобилей к подъемам, по полученным данным, невелики: от 38,0 до 55,0 км/час.

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. В условиях движения лесовозов по дорогам имеется достаточно устойчивая и закономерная связь между величиной дорожных сопротивлений и степенью подачи топлива.

2. Для тяговых расчетов элементов продольного профиля дорог на подъемах, при разнице между высотными отметками от 10,0 до 40,0–50,0 (м), рекомендуются режимы движения лесовозов, показанные в табл. 1.

Таблица 1

Степень подачи топлива в зависимости от дорожных сопротивлений

Суммарное дорожное сопротивление Ψ	Степень подачи топлива
менее 0,02	0,4
от 0,02 до 0,04	0,6
от 0,04 до 0,06	0,8
более 0,06	1,0

Соотношение передач в коробках передач лесовозов и их скорости при подходах к подъемам дороги показано в табл. 2.

Таблица 2

Передачи в коробке передач на подъемах и подходе

Передача в коробке передач	Подходная к подъему скорость лесовоза км/час
Прямая	50,0–60,0
Возможное включение третьей	40,0–50,0

Сочетание элементов проектной линии на подъемах. Далее рассматривалось влияние средней скорости лесовозов, при расчёте элементов проектной линии продольного профиля дороги, исходящих из технических возможностей лесовозов [3, 4]. Представлены исследования применительно к лесовозу марки КАМАЗ 53229.

Исходными данными для расчетов приняты:

а) расчетная (начальная перед подъемом) скорость движения лесовоза (V_1);

б) длина рассматриваемого участка (S), или скорость движения лесовоза в конце участка (V_2);

в) коэффициент дорожных сопротивлений (Ψ), который принимается постоянным.

В основу расчетов скорости и времени движения лесовозов положено аналитическое выражение динамической характеристики, построенное с предпосылкой, что изменение динамического фактора в зависимости от изменения скорости движения лесовоза имеет линейный характер. После решения дифференциального уравнения движения лесовоза были получены уравнения для выражения участка (S), проходимого при изменении скорости движения в интервале от V_1 до V_2 и для определения продолжительности (T) движений лесовозов по участку.

На рис. 1 и 2 представлены графики, связывающие между собой скорости движения (V_1 и V_2) лесовоза со временем движения (T) и дорожными сопротивлениями (Ψ).

Упомянутые графики построены для разных степеней подачи топлива (1,0; 0,8; 0,6 и 0,4) IV-й и III-й передач в коробке передач лесовоза марки КАМАЗ 53229.

Для удобства пользования на графиках длина участка (S) и время движения (T) отложены в логарифмической шкале, применение которой позволяет более точно определять интересующие нас величины на коротких дорожных участках.

Убывающие кривые дорожных сопротивлений на графиках показывают, что при данных условиях движения произойдет затухание скорости и, наоборот, возрастающие кривые показывают, что произойдет разгон автомобиля. По графикам видно, при каких дорожных сопротивлениях и каких скоростях возможна равномерная скорость движения лесовозов. В данном случае кривые дорожных сопротивлений асимптотически приближаются к горизонтальным линиям. Кривые дорожных сопротивлений даны на графиках через каждую сотую их величины. Более мелкие доли получаются интегрированием.

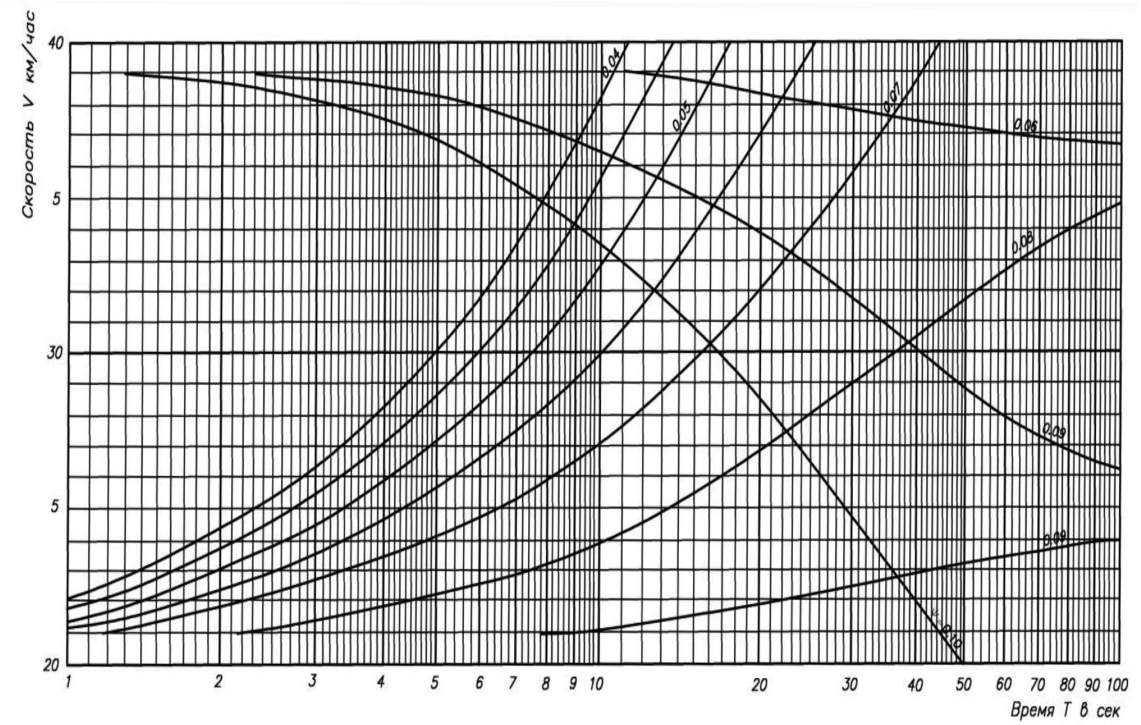


Рис. 1. Графики, связывающие скорость движения (V_1 и V_2) автомобиля со временем движения (T) и дорожными сопротивлениями (Ψ) для автомобиля КАМАЗ 53229 (степень подачи топлива 0,8)

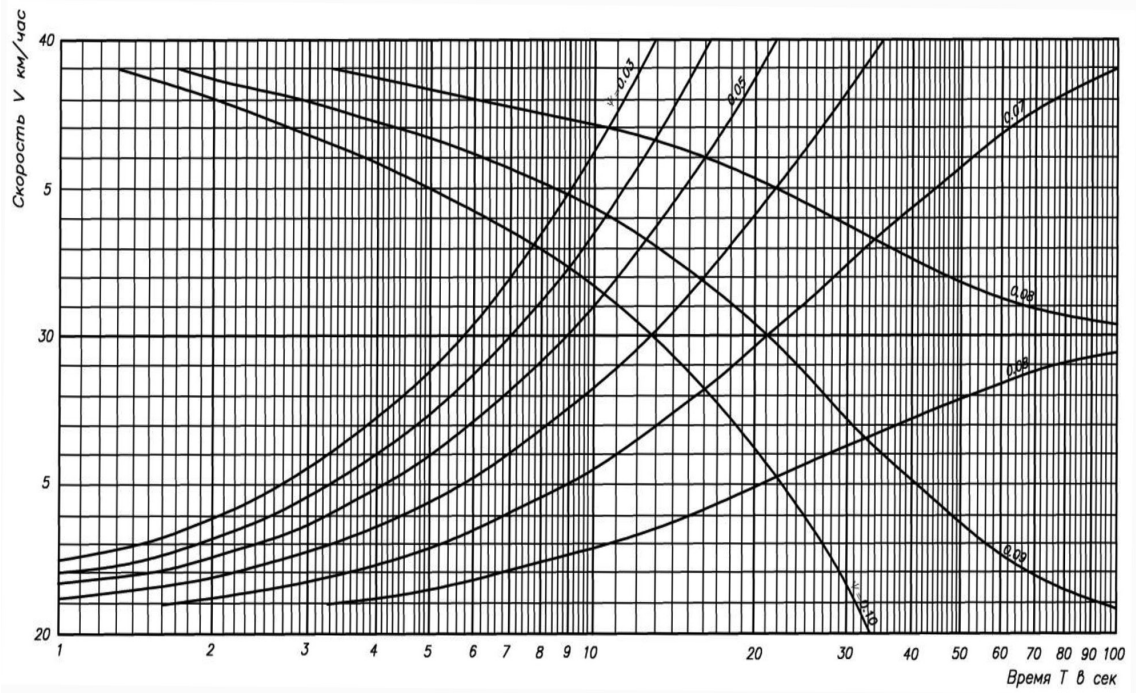


Рис. 2. Графики, связывающие скорость движения (V_1 и V_2) автомобиля со временем движения (T) и дорожными сопротивлениями (Ψ) для лесовоза на базе автомобиля КАМАЗ 53229 (степень подачи топлива 0,6)

Приведенные графики позволяют вести расчет для IV-й передачи в коробке передач в интервале изменения скоростей от 30,0 до 70,0 км/час в пределах изменения дорожных сопротивлений от 0,10 до -0,08. Для III-й передачи лесовоза в интервале изменения скоростей от 20,0 до 40,0 км/час при дорожных сопротивлениях от 0,10 до 0,05.

Из точки, обозначающей известную начальную скорость движения лесовоза, проводится линия параллельной оси абсцисс до пересечения с соответствующей кривой дорожных сопротивлений Ψ_1. Из точки пересечения проводится вертикальная прямая (параллельно оси ординат) до оси абсцисс и берется отчет на шкале расстояний. К этой величине представляем длину исследуемого участка S_0, и от полученной точки $S_2 = S_1 + S_0$ проводится вертикальная линия до пересечения с кривой дорожных сопротивлений Ψ_1. От данной точки проводится прямая, параллельная оси абсцисс, и на шкале скорости (оси ординат) отсчитывается конечная скорость движения лесовоза в конце участка V_2.

В основу определения расхода топлива на дорожном участке положено аналитическое выражение секундного расхода топлива в зависимости от скорости движения лесовоза, основанное на предпосылке, что оно несёт параболический характер. На основе аналитического выражения секундного расхода топлива было получено уравнение, позволяющее определять средний секундный расход топлива (q_s) в определенном интервале скоростей движений автомобиля.

Средний секундный расход топлива (q_s) можно определять и графическим путем по средней скорости движения лесовоза. Для этой цели построен график зависимости секундного расхода топлива от скорости движения лесовоза. График построен для разных степеней подачи топлива (1,0; 0,8; 0,6 и 0,4) IV-й и III-й передач лесовоза на базе автомобиля марки КАМАЗ 53229.

При использовании графиков, по известным скоростям движения лесовоза в начале и в конце участка дороги, определяется среднеарифметическая скорость движения и по ней на графике определяется средний секундный расход топлива лесовоза.

Сравнение средних секундных расходов топлива определенных аналитическим путем, при различных степенях подачи топлива при графическом определении приведено в табл. 3.

Таблица 3

Секундный расход топлива лесовоза, определенный аналитическим путем, при различных степенях подачи топлива

Степень подачи топлива	Скорость движения лесовоза, км/час			Средний секундный расход топлива q_s г/с при определении		Ошибки в % при графическом определении
	В начале участка V_1	В конце участка V_2	Среднеарифметическое $V_{ср}$	графическим путем	аналитическим путем	
1,0	70,0	30,0	50,0	4,54	4,50	+0,89
	50,0	30,0	40,0	3,71	3,70	+0,27
0,8	70,0	30,0	50,0	4,06	4,05	+0,25
	50,0	30,0	40,0	3,37	3,34	+0,90
0,6	70,0	30,0	50,0	3,67	3,34	+0,90
	50,0	30,0	40,0	3,08	3,06	+0,65
0,4	70,0	30,0	50,0	3,21	3,15	+1,90
	50,0	30,0	40,0	2,77	2,76	+0,06

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что при графическом определении среднего секундного расхода топлива лесовоза ошибки не превышают 2%. При уменьшении интервала изменения скоростей движения они резко уменьшаются. Поэтому можно рекомендовать графический способ определения среднего секундного расхода топлива для практического применения [5, 6], особенно если целью расчета является получение данных для сравнения нескольких вариантов проектной линии.

Заключение

1. Проведенные наблюдения дали возможность выяснить режим подачи топлива в функциях пути (сопротивления) и скорости.

2. По полученным данным выявлены зависимости степени подачи топлива от скорости движения лесовоза и дорожных сопротивлений.

3. Точность расчётов при теоретическом определении расхода топлива во время движения лесовоза на подъёмах (по сравнению с фактическими) можно считать достаточной для практических целей.

4. Предлагаемый графический способ определения расхода топлива лесовоза при его движении на подъёмах, может быть принят для решения ряда задач, связанных с расходом топлива при движении лесовоза, проектированием продольного профиля дорог в пересеченной местности.

5. Практическая значимость исследований заключается в разработке графического определения среднего секундного расхода топлива лесовозов для практического применения, особенно если целью расчета является получение данных для сравнения нескольких вариантов проектной линии дороги.

Список литературы

1. Морозов П.И. Проектирование и планирование обустройства лесовозных автомобильных дорог // Лесотехнический журнал. 2011. № 2. С. 36–41.

2. Козлов В.Г. Анализ существующих методов проектирования трассы лесных автомобильных дорог // Фундаментальные исследования. 2017. № 3. С. 35–39.

3. Саблин С.Ю., Высоцкая И.А., Скрыпников А.В., Тихомиров П.В., Брюховецкий А.Н., Жук А.Ю. Формирование оптимальных схем этапного развития лесовозных автомобильных дорог // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 1 (49). С. 82–85.

4. Чирков Е.В., Высоцкая И.А., Скрыпников А.В., Боровлев А.О., Никитин В.В. Методические рекомендации по автоматизированному проектированию трассы лесовозной автомобильной дороги с применением методов оптимизации // Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т. 75. № 2. С. 60–65.

5. Быстрянцев Е.В. Исследование технологии экспертной оценки качества информационного обеспечения автомобильного транспорта // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71. № 9. С. 429–432.

6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1993. 271 с.

УДК 004.4’24

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАКЕТОВ MATLAB.STATEFLOW/SIMULINK И ANYDYNAMICS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Вакушин А.А., Клебанов Б.И.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: kbi11@yandex.ru

Одним из перспективных направлений научных исследований является моделирование постоянно изменяющихся и развивающихся во времени дискретно-непрерывных структур. К числу самых сложных структур такого типа относятся экосистемы, включающие динамически изменяемое множество территориально распределенных активных, постоянно взаимодействующих друг с другом агентов и пассивных объектов. Основными задачами исследований таких систем являются прогноз развития экосистем, а также анализ результатов различного типа внешних воздействий. Большое разнообразие типов объектов и субъектов социальных систем, их внутренних процессов, а также способов взаимодействия субъектов предъявляет особые требования к языкам и средствам моделирования таких систем. Работа посвящена сравнительному анализу программных сред MATLAB.Stateflow/Simulink и AnyDynamics с точки зрения возможностей их использования для построения моделей социальных территориально распределенных систем. В качестве обязательных требований к инструментальным средствам рассматривается возможность определения модели взаимодействующих гибридных автоматов, основанной на задании графов переходов между состояниями объектов и непрерывных процессов в каждом из состояний. В основу сравнения пакетов положены расширенные требования стандарта CSSL. Показано, что AnyDynamics превосходит совокупность пакетов MATLAB.Stateflow/Simulink по большинству анализируемых параметров, таких как: возможности снижения индекса (порядка) ДАУ, динамическое изменение структуры системы, многокомпонентная сборка модели, начальная генерация больших множеств различных классов агентов и объектов, простое моделирование процессов общения между агентами, использование русскоязычных терминов, а также стоимость лицензии.

Ключевые слова: имитационное мультиагентное моделирование, MATLAB Stateflow, MATLAB Simulink, AnyDynamics, гибридный автомат, социальная экосистема

COMPARATIVE ANALYSIS OF MATLAB.STATEFLOW/SIMULINK AND ANYDYNAMICS PACKAGES FOR BUILDING SIMULATION MODELS OF SOCIAL SYSTEMS

Vakushin A.A., Klebanov B.I.

Ural Federal University n.a. the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, e-mail: kbi11@yandex.ru

One of the promising areas is the study of continuously changing and evolving in time discrete-continuous structures. The most complex systems of this type include ecosystems with dynamically changing set of spatial distributed active agents and passive objects constantly interacting with each other. The main goals of researching such systems are ecosystems development forecast, as well as to analyze the results of various types of external influences. Special requirements for the languages and modeling tools of such systems specified by a wide variety of types of objects and subjects of social systems, their internal processes, as well as ways of interaction between subjects. This study conducted to comperative analysis of the MATLAB.Stateflow/Simulink and AnyDynamics software environments according to the possibilities of their usage for models constructing of social spatial distributed systems. The ability to define a model of interacting hybrid automaton based on state diagrams with objects states and continuous processes in each of the states is considered as mandatory requirements for tools. The package comparison is based on the extended requirements of the CSSL standard. By the majority of analyzed parameters, such as: the possibility of the DAE index reduction, structural dynamics, multicomponent assembly of the model, various classes of agents and objects initial generation in large sets, simple modeling of communication processes between agents, the use of Russian-language terms, and the license cost, is determined that AnyDynamics surpasses the MATLAB Stateflow/Simulink packages.

Keywords: multi-agent simulation, MATLAB Stateflow, MATLAB Simulink, AnyDynamics, hybrid automaton, social ecosystem

Одним из перспективных направлений научных исследований является моделирование постоянно изменяющихся и развивающихся во времени дискретно-непрерывных структур. К числу самых сложных структур такого типа относятся экосистемы, включающие динамически изменяемое множество территориально распределенных активных, постоянно взаимодействующих друг с другом агентов (субъектов) и пассивных объектов. Основными задачами исследований таких систем являются прогноз развития экосистем, а также анализ результатов различного типа внешних воздействий. К числу эффективных методов исследования экосистем относится имитационное моделирование. Большое разнообразие типов объектов

и субъектов, их внутренних процессов, а также способов их взаимодействия предъявляет особые требования к языкам и средствам имитационного моделирования таких систем. К числу известных программных средств (ПС) для моделирования дискретно-непрерывных систем относятся MATLAB Stateflow/Simulink [1] и AnyDynamics [2].

Целью данной работы является сравнительный анализ указанных ПС с точки зрения возможностей их использования для построения моделей социальных территориально распределенных систем, являющихся частными случаями экосистем. Для достижения поставленной цели необходимо определить номенклатуру показателей, произвести анализ и сравнение ПС в соответствии с этими показателями и сформулировать соответствующие выводы.

Материалы и методы исследования

В качестве исходной информации для определения номенклатуры и значения показателей ПС использовались: документация на ПС [1, 2], результаты собственных исследований [3, 4] и стандарт Continuous System Simulation Language (CSSL) [5], описывающий общие требования к языкам имитационного моделирования. В [3, 4] показано, что для построения моделей обществ, включающих динамически изменяемое множество пассивных объектов и активных, постоянно взаимодействующих друг с другом агентов, удобно использовать модели множества взаимодействующих гибридных автоматов (ГА). Поэтому в качестве дополнительных требований к инструментальным средствам рассматриваются также возможности языков рассматриваемых ПС по определению графов и условий переходов между состояниями объектов, а также непрерывных процессов в каждом из состояний. Стандарт CSSL для языков моделирования систем был разработан в 1968 г. Этот стандарт используется и в настоящее время [6] и оказывает существенное влияние на развитие языков и систем моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Для сравнения ПС из стандарта CSSL выбраны возможности инструментов ИМ, которые существенны для представления коллективного поведения сложных ГА:

SC – моделирование на основе диаграмм состояний в текстовом и графическом представлении;

DAE – дифференциальные алгебраические уравнения (ДАУ);

IR – снижение индекса (порядка) ДАУ;

ED – представление событийно-управляемых процессов;

SD – декомпозиция динамических систем;

PM – текстовое и графическое компонентное моделирование физических систем;

VIS – визуализация симуляции модели.

Рассмотрим соответствие возможностей каждой из сравниваемых ПС по стандарту CSSL.

SC: Пакет Simulink используется для создания блоковых динамических моделей, а пакет Stateflow – для изменений состояния, управляемых событиями, которые описываются диаграммой состояния (рис. 1а). Основой AnyDynamics [7], так же как и Stateflow, являются гибридные диаграммы состояний, которые позволяют в единой форме описать сложное, многорежимное поведение, используя описания локальных поведений (режимов) – кусочно-непрерывных динамических систем, алгоритмы смены поведений и алгоритмы обработки и формирования новых данных при переходе к очередному режиму (рис. 1б). Следует отметить, что представление сложного графа переходов ГА в Stateflow выглядит сложнее по сравнению с AnyDynamics.

DAE: Дифференциальные алгебраические уравнения можно представлять как функциями в MATLAB, так и блоками в Simulink (рис. 2). Аналогичный функционал имеет AnyDynamics (рис. 3).

IR: AnyDynamics может самостоятельно решать системы дифференциальных алгебраических уравнений и понижать их порядок [2], для этого нужно сформировать систему из объектов класса и указать анализатору тип системы уравнений и искомые переменные. У Simulink-Stateflow такой функционал отсутствует.

ED: Simulink/Stateflow и AnyDynamics могут представлять последовательно-параллельные процессы.

SD: Оба пакета поддерживают структурную декомпозицию. Однако пакеты Simulink/Stateflow могут работать только с заданным числом элементом и не позволяют реализовать динамическое изменение структуры объекта, т.е. в них отсутствует возможность добавления элементов прямо во время выполнения модели. Инструмент AnyDynamics поддерживает изменение структуры системы в процессе моделирования, создание новых экземпляров объектов и их удаление из модели во время симуляции, а также позволяет динамически создавать и ликвидировать потоки ресурсов между компонентами модели (рис. 4).

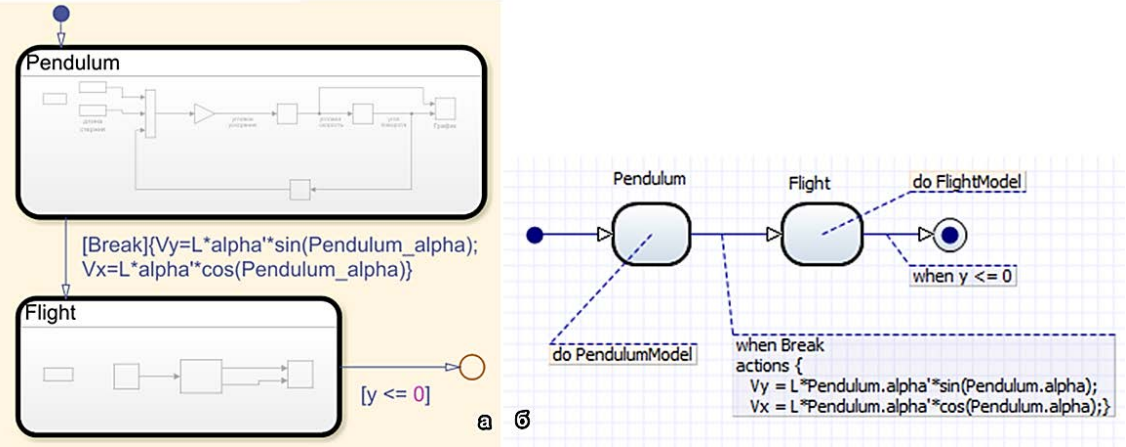


Рис. 1. Пример блоковой динамической модели:
а) Stateflow б) AnyDynamics

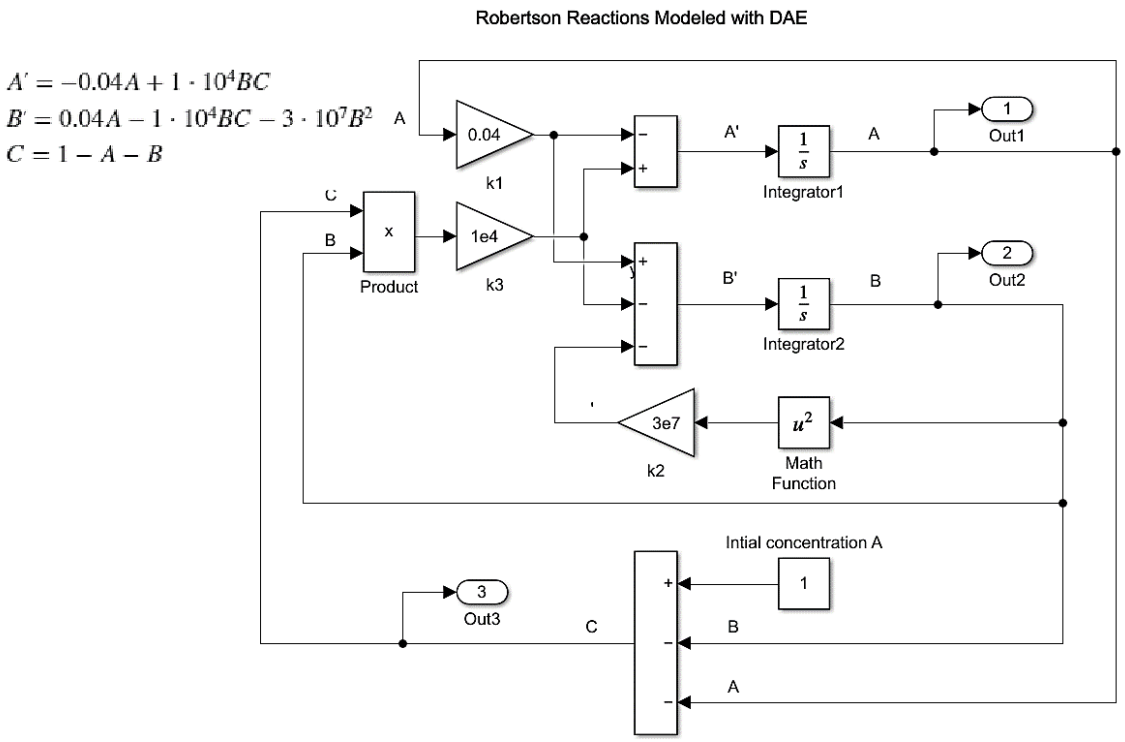


Рис. 2. Блочное представление ДАУ в Simulink

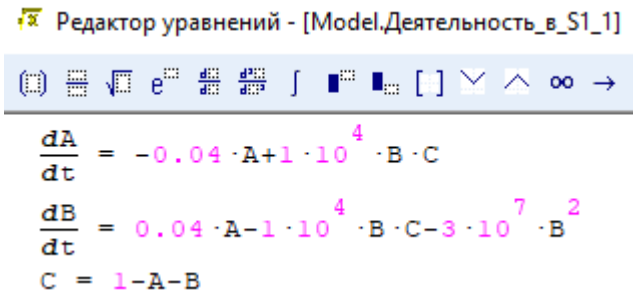


Рис. 3. Представление ДАУ в математическом редакторе в AnyDynamics

```
if (true) {
  Новый_продукт = new Продукт;
  Новый_продукт.Координата_X = Y_нового_продукта;
  Новый_продукт.Координата_Y = X_нового_продукта;
  Новый_продукт.Цена = Цена_нового_продукта;
  Новый_продукт.Энергия = Энергия_нового_продукта;
  List.add(Продукты,Новый_продукт);
};
```

Рис. 4. Фрагмент модели в AnyDynamics, в которой создается новый экземпляр продукта

PM: AnyDynamics предоставляет возможность выполнять многокомпонентное моделирование физических систем [8] благодаря языку Model Vision Language (MVL), который базируется на концепции активного объекта языка UML. В пакетах Simulink/Stateflow отсутствует возможность сборки моделей из компонентов, представленных ГА.

VIS: У обоих пакетов имеется широкий набор инструментов визуализации процесса симуляции модели, таких как динамическая визуализация значений переменных, построение диаграмм, 2D- и 3D-анимация, динамическая визуализация структуры численно решаемой системы уравнений и т.д.

Справедливости ради нужно отменить, что все возможности, отсутствующие в пакетах Simulink/Stateflow, можно восполнить при помощи других пакетов MATLAB. Например, в Simscape присутствует возможность моделирования физических систем. Однако расширение списка используемых пакетов MATLAB повышает сложность процесса разработки и отладки модели по сравнению с AnyDynamics, где все функции сосредоточены в одном пакете.

Рассмотрим ряд дополнительных характеристик ПС, существенных с точки зрения выбора инструмента для разработки модели социального общества, основанной на гибридных автоматах:

SS – скорость симуляции;

GEN – возможность начальной генерации больших множеств различных классов агентов и объектов;

RI – наличие простых средств описания процессов установления отношений и взаимодействия между агентами общества;

RUS – возможность использования русского языка при разработке модели;

LIC – стоимость и условия лицензии на пакеты.

SS: Модели социальных сообществ обычно включают большое количество агентов, что предъявляет высокие требования к скорости симуляции. Последняя зависит от того, исполняется ли модель интерпретатором (медленно) кода или компилятором (быстрее). В AnyDynamics встроен компилятор модели, и все эксперименты проводятся с предварительным преобразованием модели в исполняемый код. В Simulink используется интерпретатор, но при желании для получения исполняемого кода нужно воспользоваться специальным приложением Compiler.

GEN: В AnyDynamics встроена возможность определения количества однотипных объектов модели, обладающих разными случайными характеристиками, что позволяет просто масштабировать эксперименты моделью. В MATLAB проведение таких экспериментов затруднено.

RI: В AnyDynamics, в отличие от Stateflow/Simulink, имеются специальные конструкции языка (broadcast send), которые могут быть использованы для динамического установления отношений и моделирования процессов дистанционной передачи информации между агентами.

RUS: Еще одним преимуществом AnyDynamics с точки зрения русскоязычной аудитории, является возможность использования в модели русского языка (рис. 5).

LIC: Стоимость и тип лицензии на использование пакета прикладных программ MATLAB для юридических лиц зависят от целей использования. Лицензия у MATLAB бывает двух типов: годовая и бессрочная. В первом случае лицензия предоставляется в виде ежегодной подписки на продукт. Во втором случае лицензия оплачивается единоразово. Стоимость бессрочной лицензии выше годовой в несколько раз. Каждый пакет MATLAB приобретается отдельно. Основная программа MATLAB имеет цену: бессрочная лицензия – 550 долларов, годовая – 275 долларов. Согласно информации на официальном сайте, у среды моделирования AnyDynamics лицензия одного типа – бессрочная. Она покупается один раз и не имеет срока. А также имеется бесплатная лицензия для использования среды в ознакомительных, образовательных и иных некоммерческих целях [2].

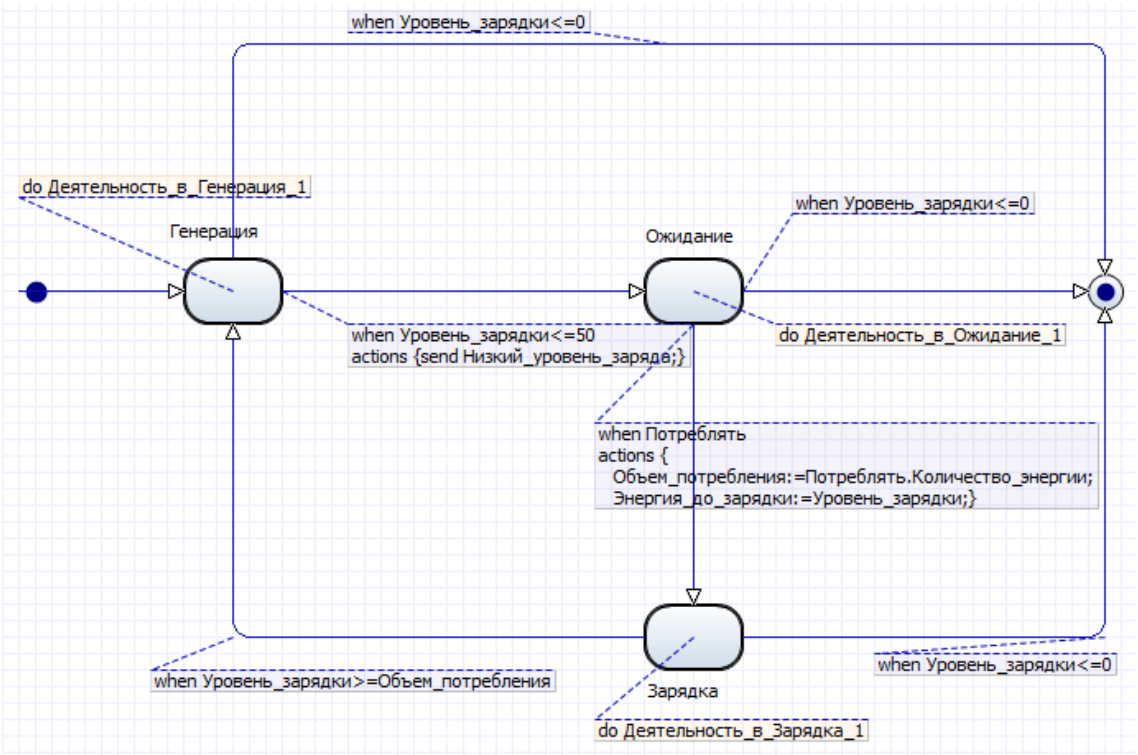


Рис. 5. Модель компонента-генератора энергии в AnyDynamics

Таблица 1

Сравнение возможностей ПС для имитационного моделирования развития территориально распределенных социальных систем

	SC-T	DAE	IR	ED	SD	PM	VIS	SS	GEN	RI	RUS
Simulink-Stateflow	+	+	–	+	–	–	+	–	–	–	–
AnyDynamics	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Результаты сравнения программных средств представлены в таблице 1.

Выводы

На основе сравнения возможностей двух ПС для моделирования, симуляции и анализа территориально распределенных социальных динамических систем можно сделать следующие выводы. Несмотря на то что MATLAB Simulink-Stateflow широко распространен в университетах ведущих научных держав, в исследовательских центрах и компаниях, он является не самым рациональным выбором при построении моделей социальных динамических систем. Так, например, при освоении функционала интуитивно понятным является AnyDynamics, а для освоения MATLAB приходится читать множество страниц документации. Также в MATLAB отсутствует ряд функций, которые есть по умолчанию в AnyDynamics. Важной характеристикой продукта для потребителей представляется стоимость лицензии, что не является плюсом ПС MATLAB, тем более если требуется восполнить отсутствующие функции другими пакетами MATLAB, а на такие пакеты приходится покупать лицензию отдельно. Таким образом, следует признать, что при выборе средства разработки имитационных моделей территориально распределенных непрерывно-дискретных социальных систем предпочтительным по сравнению с ПС MATLAB Simulink-Stateflow является использование ПС AnyDynamics.

Список литературы

1. MATLAB – is a programming and numeric computing platform used by millions of engineers and scientists to analyze data, develop algorithms, and create models. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mathworks.com/products/matlab.html (дата обращения: 23.06.2021).

2. AnyDynamics – высокопроизводительная среда для создания и отладки интерактивных многокомпонентных имитационных моделей сложных динамических систем. MVSTUDIUM Group. [Электронный ресурс]. URL: https://www.mvstudium.com (дата обращения: 23.06.2021).

3. Klebanov B., Antropov T., Zvereva O. Hybrid automaton implementation for intelligent agents behavior modelling. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019. Applications, Trends and Opportunities. 2019. С. 1-4. [Электронный ресурс]. URL: http:// https://ieeexplore.ieee.org/document/9011955 (дата обращения: 30.06.2021).

4. Кузнецов С.Г., Клебанов Б.И. Применение средств MATLAB SIMULINK STATEFLOW для создания автономной модели интеллектуального агента // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 5. С. 57-62.

5. The SCi Continuous System Simulation Language (CSSL). SIMULATION. 1967. vol. 9. no. 6. P. 281–303. DOI: 10.1177/003754976700900601.

6. Breitenecker F., Popper N., Classification and evaluation of features in advanced simulators, in: Proceedings, MATHMOD 09 Vienna. 2009. P. 1445–1467.

7. Kolesov Yu.B., Senichenkov Yu.B., Urquia Alf., Martin-Villalba C. Hybrid Systems. Preliminary Comparative Analysis of Modelica and Model Vision Language // Университетский научный журнал. 2014. № 4. P. 101-111.

8. Сениченков Ю.Б. Инновационные возможности проекта RAND MODELER DESIGNER. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ipo.spb.ru/journal/content/1249/ (дата обращения: 21.06.2021).

УДК 004.89

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ФРУКТОВ

[1]Данг Т.Ф.Т., [1]Юрченко А.В., [2]Динь В.Т., [1]Ляшенко Д.А., [1]Нгуен Т.К.

[1]Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, e-mail: dangthiphuongchung2018tsu@gmail.com, lyashenkodmtriy@gmail.com, cuongntit@vimaru.edu.vn;

[2]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, e-mail: dinh88@mail.ru

В этой статье обсуждается использование глубокого обучения для распознавания фруктов и его применение. В начале описываются особенности глубинного обучения и подробно характеризуется структура популярных архитектур глубоких нейронных сетей, а также подходы к обучению нейросетевой модели. Далее анализируется потенциал использования глубокого обучения в качестве продвинутого инструмента интеллектуального анализа данных. В ходе работы были рассмотрены некоторые современные подходы к решению задачи распознавания фруктов по их изображению и было дано подробное описание работы сверточной нейронной сети и архитектурного метода EfficientNet, используемого для распознавания фруктов с использованием набора данных Fruit360. Результаты показали, что предложенная модель достигает точности 95%. Конечной целью проведенного исследования была разработка автоматизированных технических решений для повышения точности распознавания фруктов по их изображениям. Представленная в данной работе система также направлена на повышение эффективности и простоты процесса расчета цен на товары в торговом центре. Ключевым нововведением в проделанном исследовании являются алгоритмы распознавания на изображениях фруктов на основе глубокого обучения. Насколько нам известно, результаты данного исследования превзошли результаты, представленные в других работах, также основанных на использовании описанного выше набора данных. Проведенные в этом исследовании эксперименты показали, что предложенный подход является перспективным решением проблемы распознавания пищевых изображений. Описанная в данной статье работа включает в себя дальнейшее улучшение производительности алгоритмов и интеграцию их в систему реального мира.

Ключевые слова: компьютерное зрение, машинное обучение, нейронные сети, сверточные нейронные сети, распознавание фруктов, набор данных Fruits 360

A FRUIT RECOGNITION SYSTEM USING A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

[1]Dang T.F.T., [1]Yurchenko A.V., [2]Din V.T., [1]Lyashenko D.A., [1]Nguyen T.K.

[1]National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: dangthiphuongchung2018tsu@gmail.com, lyashenkodmtriy@gmail.com, cuongntit@vimaru.edu.vn;

[2]National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: dinh88@mail.ru

This paper discusses the use of deep learning (DL) for fruit recognition and its applications. We first briefly introduced deep learning and described in detail the structure of some popular deep neural network architectures and approaches for model training. We also analyzed the potential of using deep learning as an advanced data mining tool. In the course of the paper, we reviewed some state-of-the-art approaches to the task of fruit recognition from images. Further, the convolutional neural network (CNN) and EfficientNet for fruit recognition using the Fruit360 dataset will be explained in more detail. The results show that the proposed model achieves an accuracy of up to 95%. The ultimate goal of our research is to develop automated technical solutions to improve the accuracy of fruit recognition from their images. The system we propose in this paper is aimed at increasing the efficiency and simplicity of the process of calculating the price of goods in a retail center. The key novelty in this work is the algorithms for fruit image recognition based on deep learning. To the best of our knowledge, the results of this research have outperformed the results of other submitted work using this dataset. Our experiments have shown that the proposed approach is a promising solution to the food recognition problem. This article's work includes further improvements in algorithm performance and integration into a real-world system.

Keywords: computer vision, machine learning, neural networks, convolutional neural networks, fruit recognition, dataset Fruits 360

В последние годы для распознавания на изображениях объектов, в том числе фруктов, широко используются различные техники с применением технологии компьютерного зрения, такие как машинное обучение и особенно глубокое обучение [1].

Благодаря возможностям современных информационных технологий все чаще применяются методы компьютерного зрения, машинного обучения и особенно глубокого обучения для распознавания на изображениях объектов, в том числе для распознавания товаров на полках в торговых точках. Важно отметить, что использование глубоких нейронных сетей для идентификации, классификации и различения товаров по их изображениям показывает большую эффективность

по сравнению с использованием других алгоритмов. Несмотря на это, существующие в настоящее время подходы еще не достигают такого уровня точности, при котором она могла бы быть использована в практическом применении.

Цель данной работы заключается в разработке, тестировании и реализации алгоритма для распознавания различных видов фруктов на изображениях, полученных с цифровой камеры, с помощью глубокого обучения.

Материалы и методы исследования

Глубокое обучение – это подраздел машинного обучения, который в свою очередь является подразделом искусственного интеллекта. Оно представляет собой набор методов, которые позволяют моделировать высокоуровневые абстракции данных. В рамках глубокого обучения компьютерная модель анализирует и извлекает полезную информацию из изображений, звуковых или текстовых материалов для последующего ее применения. Эти модели могут достигать очень высокой точности, превышающей возможности человека. Модели обычно обучаются с использованием большого набора маркированных данных и сложных нейронных сетевых архитектур с множеством слоев, что позволяет достигать высокой точности.

Концепция глубокого обучения была впервые представлена еще в 1980-х гг., однако эта идея не стала сразу популярной благодаря двум причинам: требование огромного количества помеченных данных и значительной вычислительной мощности [2]. В последнее десятилетие наблюдается рост числа прикладных программ с реализацией в них глубокого обучения, включая обработку естественного языка, классификацию изображений, поисковую систему и др. Обучение заключается в необходимости вывести полезную информацию из набора данных и создать внутреннюю картину того, что может использовать для действий эксперт.

Искусственная нейронная сеть (ИНС, Artificial Neural Networks, ANN), математическая модель, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей нервных клеток живого организма и являющаяся наиболее распространенным алгоритмом в области машинного обучения [3]. Она состоит из интегрированных вычислительных блоков, называемых нейронами. ИНС также состоит из входного, скрытого и выходного слоев. Входной слой берет на вход, например, изображение и передает его скрытому слою, а затем выходной слой выдает результат – максимальную вероятность того, какой объект имеется на изображении. Возможно иметь несколько скрытых слоев для работы с более сложными функциями.

Сверточная нейронная сеть (англ. Convolutional Neural Network, CNN)

Принципиальная структура сверточных нейронных сетей (СНС) похожа на структуру обычных нейронных сетей и состоит из нейронов, обучаемых весов и смещений [4]. На вход каждого нейрона поступает набор данных, с помощью функции активации выполняется определенная математическая операция, после которой полученное значение передается на следующий слой.

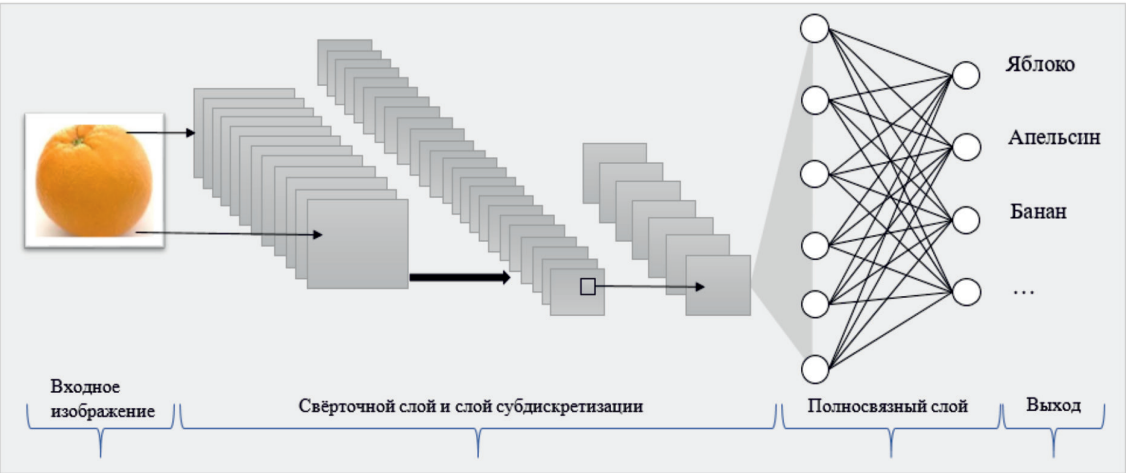


Рис. 1. Принципиальная структура сверточных нейронных сетей

EfficientNet

В 2019 г. компания Google представила модель EfficientNet, которая в настоящее время является одной из самых современных моделей сверточных нейронных сетей [5]. В этой статье показано, что точность модели CNN возрастает с увеличением количества фильтров в каждом слое, глубины (количества слоев в модели) и разрешения (размера входного изображения). Однако при увеличении этих величин стоимость вычислений экспоненциально увеличивается. Поэтому было создано несколько моделей семейства архитектур EfficientNet, которые отличаются количеством используемых параметров.

Существует 8 реализаций EfficientNet, считая от B0 до B7 по мере роста сложности сетевой архитектуры. В большинстве ситуаций результаты первоначального теста показывают более высокие точность и скорость. Такие модели могут использоваться для создания более точных и эффективных моделей, а также для идентификации и распознавания изображений, что дает преимущества в ситуациях интенсивного режима работы. В табл. 1 приведена краткая информация об архитектуре EfficientNet-B0.

Набор данных

Для обучения и тестирования были выбраны изображения из набора данных fruits 360, который находится в открытом доступе на портале Kaggle. Этот набор данных содержит 77917 изображений различных фруктов по 103 категориям [6, 7]. Картинки фруктов были получены с помощью неподвижной камеры во время вращения фрукта с помощью электродвигателя. В качестве фона была использована белая бумага. В связи с неравномерностью освещения для извлечения фруктов с фона был применен алгоритм рекурсивной заливки. После удаления фона все картины были сжаты до размеров 100×100 пикселей по стандартным форматам RGB. Из набора данных fruits 360 мы взяли 17624 изображения из 25 категорий. Мы использовали 13218 изображений (75 %) в качестве обучающего множества, а остальные 4406 изображений (25 %) для тестирования модели. 25 категорий фруктов, которые мы использовали для проведения эксперимента, показаны в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

Архитектура EfficientNet-B0

Этап *i*	Оператор *Fi*	Разрешение *Hi x Wi*	Каналы *Ci*	Слои *Li*
1	Conv3x3	224 x 224	32	1
2	MBConv1, k3x3	112 x 112	16	1
3	MBConv6, k3x3	112 x 112	24	2
4	MBConv6, k3x3	56 x 56	40	2
5	MBConv6, k3x3	28 x 28	80	3
6	MBConv6, k3x3	14 x 14	112	3
7	MBConv6, k3x3	14 x 14	192	4
8	MBConv6, k3x3	7 x 7	320	1
9	Conv1x1 & Pooling & FC	7 x 7	1280	1

Таблица 2

Пример фруктов в базе fruits 360

Название фруктов	Количество изображений для обучения	Количество изображений для тестирования
Желтое яблоко	492	164
Яблоко Гренни Смит	492	164
Яблоко Ред Делишес	492	164
Абрикос	492	164
Авокадо	426	142
Банан	489	163
Вишня	492	164
Кокос	489	163
Синий виноград	984	328
Белый виноград	489	163
Грейпфрут	489	163

Окончание табл. 2

Название фруктов	Количество изображений для обучения	Количество изображений для тестирования
Кумкват	489	166
Лимон	492	164
Лайм	489	163
Мандарин	489	163
Манго	489	163
Апельсин	480	160
Груша	492	164
Зеленый перец	444	148
Желтый перец	666	222
Красный перец	666	222
Клубника	492	164
Помидор	738	246
Ананас	489	163
Киви	468	156

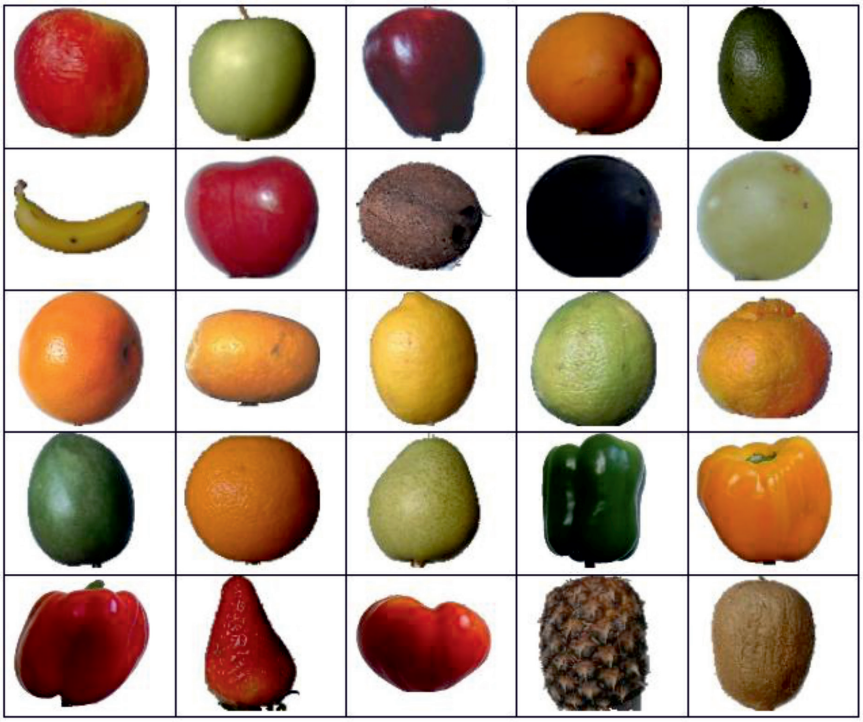


Рис. 2. Образцы фруктов в базе fruits 360

Оценки классификаторов

Как правило, результаты решения проблемы двоичной классификации обычно представлены в матрице ошибок (Confusion Matrix) (рис. 3), которая содержит 4 ячейки:

– верноположительные (TP) объекты, которые были классифицированы как положительные и действительно являются положительными (принадлежащими к данному классу);

– верноотрицательные (TN) объекты, которые были классифицированы как отрицательные и действительно отрицательные (не принадлежат к данному классу);

– ложноположительные (FP) объекты, которые были классифицированы как положительные, но фактически отрицательные;

– ложноотрицательные (FN) объекты, которые были классифицированы как отрицательные, но фактически положительные.

		Реальность	
		+	-
Прогноз	+	True Positive (истинно-положительное решение): прогноз совпал с реальностью, результат положительный произошел, как и было предсказано ML-моделью	False Positive (ложноположительное решение): ошибка 1-го рода, ML-модель предсказала положительный результат, а на самом деле он отрицательный
	-	False Negative (ложноотрицательное решение): ошибка 2-го рода – ML-модель предсказала отрицательный результат, но на самом деле он положительный	True Negative (истинно-отрицательное решение): результат отрицательный, ML-прогноз совпал с реальностью

Рис. 3. Матрица ошибок

Для оценки качества моделей используются три основных метрики: доля правильно классифицированных объектов (Accuracy), Точность (Precision) и Полнота (Recall) [8].

Accuracy – широко используемая и легкая для понимания метрика. Это отношение всех правильных прогнозов к общему числу всех предсказанных образцов.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}. \quad (1)$$

Точность (precision) – это доля прогнозируемых положительных результатов, которые являются действительно верноположительными результатами для всех положительно предсказанных объектов. Другими словами, точность дает нам ответ на вопрос «Из всех объектов, которые классифицированы как принадлежащие классу, сколько на самом деле принадлежит ему?»

$$\text{Точность} = \frac{TP}{TP + FP}. \quad (2)$$

Полнота (recall) – пропорция всех верноположительно предсказанных объектов к общему количеству действительно положительных. То есть полнота показывает, сколько образцов из всех положительных примеров были классифицированы правильно. Чем выше значение полноты, тем меньше положительных примеров пропущено в классификации.

$$\text{Полнота} = \frac{TP}{TP + FN}. \quad (3)$$

Настройка компьютера

Для обучения глубоких нейронных сетей, таких как EfficientNet, необходимо иметь сервер с мощными вычислительными характеристиками. В табл. 3 указаны конфигурации аппаратного и программного обеспечения системы, использованной для проведения нашего обучения.

Таблица 3

Настройка компьютера

Название	Описание
Оперативная память	16 Гб
Процессор	Intel Core i7-4770 Haswell 4 x 3400-3900 МГц
Видеокарта	GeForce GTX 1060 Ti
Операционная система	Ubuntu 19.04
Python	3.7
Numpy	1.15

Результаты исследования и их обсуждение

В этой работе показано применение EfficientNet-b0 на набор данных Fruit 360 для определения улучшенной производительности системы классификации. Из набора данных Fruits 360 мы взяли 17624 изображения из 25 различных категорий: 75% из них используются для обучения, а 25% – для тестирования модели. Обучение сети проводится в 35 эпохах с размером партии 20. Сравнение предложенной модели с существующими моделями пока-

зывает, что результаты нашей модели являются положительными и многообещающими для реального применения. Благодаря такой повышенной точности и аккуратности будет более целесообразно повысить общую эффективность машины в распознавании фруктов. В качестве демонстрации была разработана программа на Python с использованием библиотеки PyQt. Главное окно программы показано на рис. 4.

Рис. 4. Главное окно программы

Заключение

В данной статье рассмотрен механизм распознавания фруктов, основанный на алгоритме EfficientNet. Скорость распознавания значительно улучшилась за время проведения эксперимента. Среди всех рассмотренных случаев модель достигла лучшей точности при тестировании 98% в случае 4 от 11 до 15 эпох и лучшей точности при обучении 96,79% в 13 эпоху. Этот результат будет служить основой для разработки весов самообслуживания с автоматическим распознаванием товаров.

Список литературы

1. Chen, J.J., Ngo C.W. Deep-based ingredient recognition for cooking recipe retrieval. Proceedings of the 24th ACM International Conference on Multimedia. 2016. P. 32–41.

2. Rocha A., Hauagge D.C., Wainer J., Goldenstein S. Automatic fruit and vegetable classification from images. Comput. Electron. Agric. 2010. Vol. 70. P. 96–104.

3. Deng L., Hinton G., Kingsbury B. New types of deep neural network learning for speech recognition and related applications: An overview. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2013. P. 8599–8603.

4. Zhang Y., Wu L. Classification of fruits using computer vision and a multiclass support vector machine. Sensors. 2012. Vol. 12. No. 9. P. 12489–12505.

5. Tan M., Le Q.V. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning. 2019. Vol. 5. arXiv: 1905.11946.

6. Kaggle Inc. Fruits 360 dataset. [Электронный ресурс]. URL: https://kaggle.com/moltean/fruits (дата обращения: 03.07.2021).

7. Muresan H., Oltean M. Fruit recognition from images using deep learning. Proceeding of the Acta Univ. Sapientiae, Informatica. 2018. Vol. 10. No. 1. P. 26–42.

8. Дудченко П.В. Метрики оценки классификаторов в задачах медицинской диагностики // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, г. Томск. Томск: Изд-во ТПУ, 2019. С. 164–165.

УДК 658

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ

[1]Кудрявцева С.С., [2]Шинкевич М.В., [3]Минулина О.В.

[1]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: sveta516@yandex.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва, e-mail: leotau@mail.ru;

[3]ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань, e-mail: olga.minulina@bk.ru

Актуальность статьи обусловлена необходимостью оценки уровня экологичности нефтехимических предприятий для выработки стратегий и подходов к повышению ресурсоэффективности нефтехимического производства. Одним из инструментов такой инициативы рассмотрены кинологические инновации. Цель статьи заключается в систематизации трендов развития экологических инноваций в нефтехимической промышленности, повышающих ресурсоэффективность процессов производства, использования и утилизации нефтехимической продукции. В исследовании отражена и охарактеризована динамика затрат и результатов нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации; выявлены ключевые тренды повышения экологичности нефтехимического производства на основе инноваций; применяя компонентный и факторный анализ, проведена группировка факторов повышения ресурсоэффективности нефтехимической отрасли на основе внедрения экологических инноваций. Показано, что повышение ресурсоэффективности нефтехимических предприятий достигается преимущественно разработкой и внедрением экологических инноваций, ориентированных на сокращение энергозатрат и рециркуляцию в процессе использования нефтехимической продукции. Полученные в ходе исследования выводы могут быть использованы при дальнейшем развитии методики оценки ресурсоэффективности и повышения экологичности нефтехимической промышленности за счет разработки подходов к проектированию и внедрению экологических инноваций в процессе производства, использования и утилизации нефтехимической продукции.

Ключевые слова: экологичность, нефтехимическое предприятие, экологические инновации, нефтехимическое производство, ресурсоэффективность, рециркуляция

IMPROVING THE ENVIRONMENTAL RESPONSE OF PETROCHEMICAL ENTERPRISES BASED ON INNOVATION

[1]Kudryavtseva S.S., [2]Shinkevich M.V., [3]Minulina O.V.

[1]Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: sveta516@yandex.ru;

[2]D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, e-mail: leotau@mail.ru;

[3]Kazan State Power Engineering University, Kazan, e-mail: olga.minulina@bk.ru

The relevance of the article is due to the need to assess the level of environmental friendliness of petrochemical enterprises in order to develop strategies and approaches to improve the resource efficiency of petrochemical production. Cynological innovations are considered as one of the tools of such an initiative. The purpose of the article is to systematize the trends in the development of environmental innovations in the petrochemical industry, which increase the resource efficiency of the processes of production, use and disposal of petrochemical products. The study reflects and characterizes the dynamics of costs and benefits of petrochemical enterprises implementing environmental innovations; identified key trends in improving the environmental friendliness of petrochemical production based on innovations; using component and factor analysis, a grouping of factors for increasing the resource efficiency of the petrochemical industry was carried out on the basis of the introduction of environmental innovations. It is shown that increasing the resource efficiency of petrochemical enterprises is achieved mainly by the development and implementation of environmental innovations aimed at reducing energy costs and recycling in the process of using petrochemical products. The conclusions obtained in the course of the study can be used in the further development of the methodology for assessing resource efficiency and improving the environmental friendliness of the petrochemical industry by developing approaches to the design and implementation of environmental innovations in the production, use and disposal of petrochemical products.

Keywords: environmental friendliness, petrochemical enterprise, environmental innovation, petrochemical production, resource efficiency, recycling

Новые вызовы, стоящие перед промышленным производством, вызванные развертыванием четвертой промышленной революции и достижением целей устойчивого развития ООН, ставят во главу угла вопросы повышения экологичности промышленного комплекса российской экономики. Нефтехимические предприятия, как локомотив обрабатывающей промышленности, отличающиеся повышенным уровнем загрязнения окружающей среды в процессе производства и использования нефтехимической продукции, призваны стать основой модернизационных преобразований, направленных на повышение ресурсоэффективности производства. Одним из способов повыше-

ния экологичности нефтехимических предприятий видится использование инноваций, прежде всего экологических, призванных обеспечить повышение уровня ресурсосбережения на всех фазах жизненного цикла нефтехимической продукции.

Как показал анализ работ российских и зарубежных авторов, в трудах I.G. Ershova, E.Yu. Yakimova, L.N. Guselnikova, A.Yu. Karakulin [1], E. Shkarupeta, D. Savon, A. Safronov, L. Avlasenko, G. Kruzhkova [2], О.В. Брижак [3], А.И. Шинкевич, Н.В. Барсегян, В.М. Бабушкин [4], C. Carpenter [5], P. Frow, S. Nenonen, K. Storbacka, A. Payne [6], а также в исследованиях авторов [7], вопросы экологических инноваций и повышение ресурсоэффективности имеют особую важность для дальнейшего развития нефтехимической промышленности. Однако полагаем, что разработка комплексных стратегий ресурсосбережения в нефтехимической отрасли должна опираться на анализ существующих трендов в данной сфере деятельности. В этой связи полагаем, что возникает необходимость в расширении методического инструментария учета и анализа уровня инновационной активности в нефтехимическом комплексе в вопросах повышения его экологичности.

Цель статьи заключается в систематизации трендов развития экологических инноваций в нефтехимической промышленности, повышающих ресурсоэффективность процессов производства, использования и утилизации нефтехимической продукции. Исходя из цели, совокупность задач исследования сводится к следующим:

– отразить и охарактеризовать динамику затрат и результатов нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации;

– выявить ключевые тренды повышения экологичности нефтехимического производства на основе инноваций;

– провести группировку факторов повышения ресурсоэффективности нефтехимической отрасли на основе внедрения экологических инноваций.

Материалы и методы исследования

При исследовании вопросов повышения экологичности нефтехимической промышленности использовались методы описания, отражающие тенденции применения экологических инноваций на нефтехимических предприятиях; метод регрессионного анализа, позволивший установить характер трендов ключевых показателей экологических инноваций в нефтехимической отрасли; методы компонентного и факторного анализа, на основе которых составлены три группы факторов ресурсоэффективности нефтехимической промышленности на основе экологических инноваций.

В качестве информационной базы исследования использовалась форма статистической отчетности № 4-инновация, опубликованная на сайте Росстата [8]. Динамический ряд по анализируемым показателям составлял период 2010–2019 гг. Инструментов для анализа выступил программный продукт Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе тенденций использования инноваций, повышающих экологичность нефтехимического производства, выявлены противоречивые тенденции. Так, удельный вес организаций, осуществлявших экологические инновации, сократился с 15,4 % в 2010 г. до 3,6 % в 2019 г. В среднем за анализируемый период значение данного показателя составляло 7,6 % и характеризовалось отрицательным квадратическим трендом с минимальным значением показателя в 2013 г. – 5,4 %. В 2019 г. относительно 2017 г. индикатор сократился на 0,7 % (рис. 1).

Нестабильная динамика характерна для специальных затрат нефтехимических предприятий, связанных с экологическими инновациями, способствующими повышению ресурсоэффективности нефтехимического производства. По итогам 2010 г. в расчете на одно нефтехимическое предприятие специальные затраты на экологические инновации составляли 73,2 млн руб., далее следовало снижение до 24,7 млн руб. в 2013 г., затем снова рост, чередующийся с уменьшением. В 2019 г. значение показателя достигло 127,6 млн руб. и было максимальным за рассматриваемый период. Среднее значение специальных затрат нефтехимических предприятий, связанных с экологическими инновациями, составляло 52,1 млн руб. в расчете на одно предприятие и описывалось положительным параболическим трендом (рис. 2).

Для целей исследования считаем важным определить совокупность факторов, формирующих базис повышения экологической составляющей нефтехимической промышленности в процессе производства и использования нефтехимической продукции. Для этого нами была сформирована статистическая база показателей экологических инноваций в целом по нефтехимическому производству в 2010–2019 гг., средние значения которых и условные обозначения представлены в табл. 1.

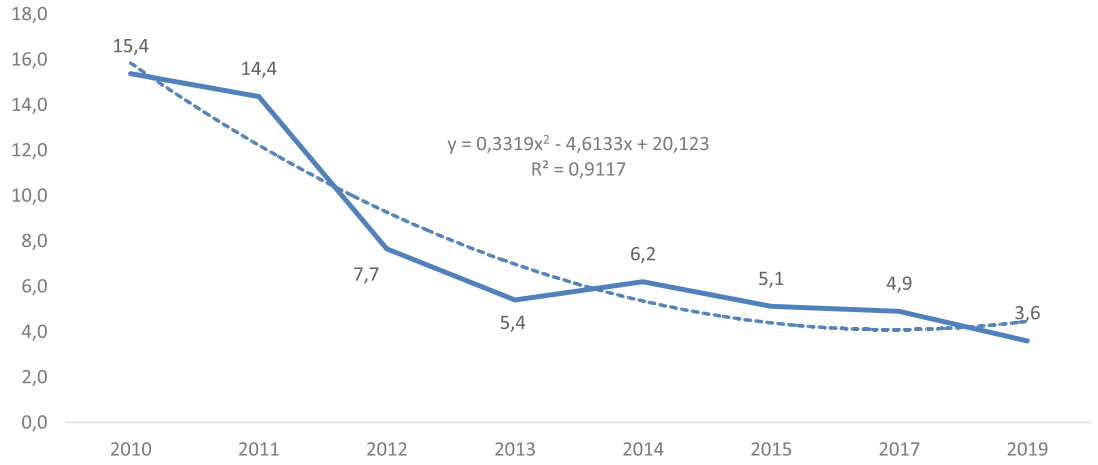


Рис. 1. Динамика доли нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации (в процентах)

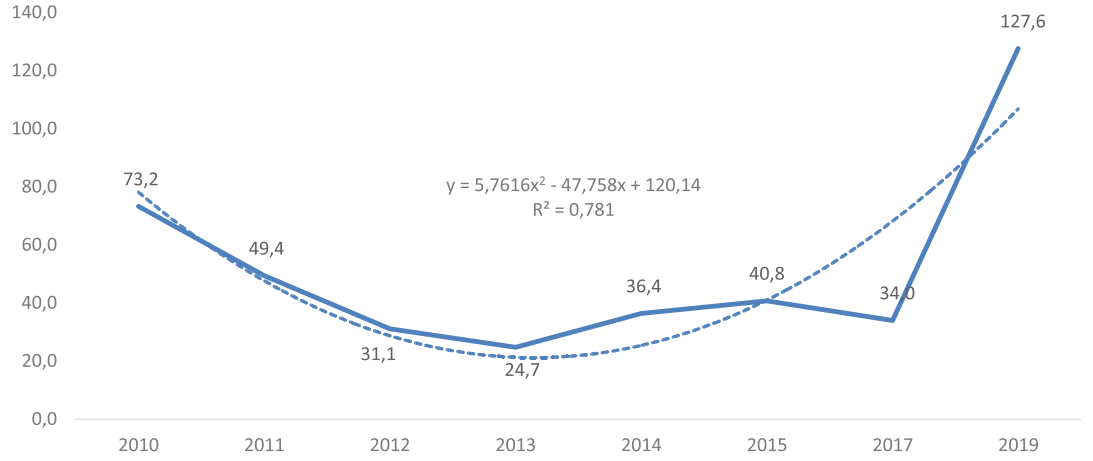


Рис. 2. Специальные затраты нефтехимических предприятий, связанные с экологическими инновациями (млн руб., в расчете на одно нефтехимическое предприятие)

Таблица 1

Средние значения показателей по экологическим инновациям в нефтехимической промышленности

Показатель	Обозначение	Среднее значение
Удельный вес организаций, осуществлявших экологические инновации, %	X1	7,8
Сокращение материальных затрат на производство единицы товаров в процессе производства, %	X2	56,1
Сокращение энергозатрат на производство единицы товаров, %	X3	58,6
Сокращение выброса в атмосферу диоксида углерода в процессе производства, %	X4	37,1
Замена сырья и материалов на безопасные или менее опасные, %	X5	40,2
Снижение загрязнения окружающей среды (атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов, уменьшение уровня шума) в процессе производства, %	X6	82,1
Осуществление вторичной переработки (рециркуляции) отходов производства, %	X7	57,1
Сокращение энергопотребления (энергозатрат) в процессе потребления, %	X8	42,4
Сокращение загрязнения атмосферного воздуха, земельных, водных ресурсов в процессе потребления, %	X9	54,7
Улучшение возможностей вторичной переработки (рециркуляции) товаров после использования	X10	32,9
Специальные затраты, связанные с экологическими инновациями, в расчете на одну организацию, млн. руб.	X11	52,1

Таблица 2

Результаты компонентного анализа ресурсоэффективности нефтехимической промышленности на основе инноваций

№ п/п	Собственное значение	% объяснения дисперсии	Накопленная частота	Накопленный % объяснения дисперсии
1	3,779511	34,35919	3,77951	34,3592
2	3,526185	32,05622	7,30570	66,4154
3	1,943162	17,66511	9,24886	84,0805
4	0,702609	6,38735	9,95147	90,4679
5	0,564556	5,13233	10,51602	95,6002
6	0,286258	2,60235	10,80228	98,2026
7	0,197719	1,79745	11,00000	100,0000

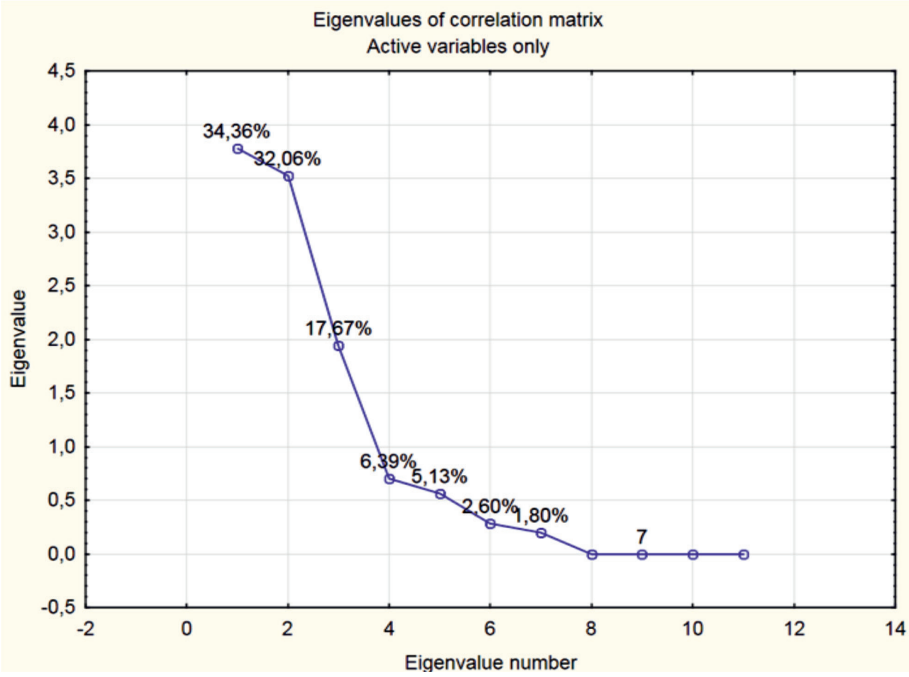


Рис. 3. Критерий Кайзера для факторов экологических инноваций в нефтехимической промышленности

На основе компонентного анализа было установлено, что совокупность показателей ресурсоэффективности нефтехимической промышленности, достигаемых благодаря использованию инноваций, целесообразно разделить на три группы факторов, собственные значения которых превышают единицу (табл. 2).

Целесообразность разбиения совокупности показателей экологических инноваций в нефтехимической промышленности на три группы факторов подтверждается также методом Кайзера, где собственные значения факторов достигают максимального замедления на третьем шаге (рис. 3).

На основе использования факторного анализа совокупность показателей экологических инноваций в нефтехимической промышленности была распределена на три группы факторов. Показатели включались в фактор, если их коэффициент корреляции с фактором превышал 0,7 и был статистически значим ($P \leq 0,05$). Первый фактор, наиболее весомый, объясняющий 34% повышения ресурсоэффективности нефтехимического производства на основе экологических инноваций – «энергозатраты и рециркуляция в процессе использования нефтехимической продукции», сформирован показателями экологических инноваций, направленных на сокращение энергопотребления (коэффициент корреляции показателя с фактором по модулю составил 0,95); специальными затратами на экологические инновации (0,90) и вторичной переработкой нефтехимической продукции после использования (0,87).

Второй фактор – «материальные затраты и рециркуляция в процессе производства» – включает показатели экологических инноваций, направленных на сокращение материальных затрат (0,91); инновационную активность в экосфере (0,78); рециркуляцию отходов производства (0,74) и уменьшение выбросов диоксида углерода (0,73). На долю объяснения дисперсии ресурсоэффективности нефтехимического производства второго фактора приходится 32%. Третий фактор – «энергозатраты и загрязнение воздуха в процессе производства» – образован такими показателями экологических инноваций, как уменьшение загрязнения окружающей среды (0,73) и сокращение энергозатрат в производстве (0,71). На долю объяснения дисперсии ресурсоэффективности нефтехимического производства третьего фактора приходится 18%. Следует отметить, что все показатели, входящие в факторы, имели с ними отрицательные коэффициенты корреляции, что объясняется нестабильностью их динамики и преобладанием отрицательного тренда, исключение составил показатель сокращения выбросов диоксида углерода в процессе производства нефтехимической продукции (табл. 3).

Визуализация факторных нагрузок представлена на рис. 4.

Таблица 3

Результаты факторного анализа экологических инноваций в нефтехимической промышленности

Показатель	Фактор 1 Энергозатраты и рециркуляция в процессе использования	Фактор 2 Материальные затраты и рециркуляция в процессе производства	Фактор 3 Энергозатраты и загрязнение воздуха в процессе производства
X1	0,17	-0,78	0,51
X2	0,19	-0,91	-0,22
X3	-0,15	-0,61	-0,71
X4	0,33	0,73	-0,52
X5	0,61	-0,63	0,01
X6	0,61	-0,06	-0,73
X7	-0,22	-0,74	-0,25
X8	-0,95	0,14	-0,09
X9	0,57	0,44	-0,10
X10	-0,87	0,02	-0,49
X11	-0,90	-0,15	0,05
Собственное значение фактора	3,78	3,53	1,94
% объяснения дисперсии	0,34	0,32	0,18

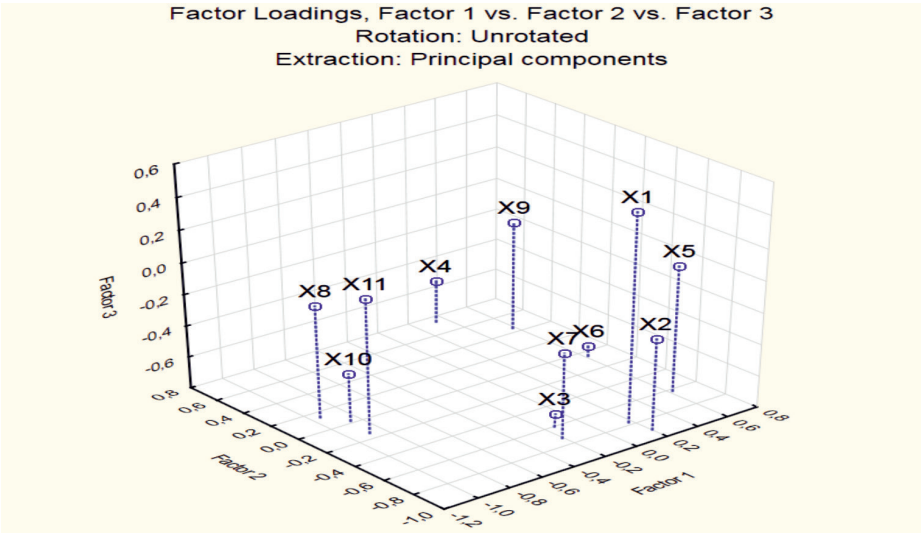


Рис. 4. Трехмерная матрица факторных нагрузок по результатам компонентного и факторного анализа

Таким образом, в совокупности три фактора объясняют 84% изменения ресурсоэффективности нефтехимического производства, достигаемого за счет внедрения экологических инноваций.

Заключение

При изучении вопросов повышения экологичности нефтехимического производства на основе использования инноваций получены следующие научно-практические результаты:

1. Сокращение доли нефтехимических предприятий, осуществляющих экологические инновации, сопровождается ростом специальных затрат в расчете на одно нефтехимическое предприятие, что позволяет предположить наращивание инновационного потенциала в экосфере нефтехимической промышленности за счет неизменного состава преимущественно крупных предприятий, имеющих стабильную динамику инновационной активности в сфере ресурсосбережения с использованием экологических инноваций.

2. Повышение ресурсоэффективности нефтехимических предприятий достигается преимущественно разработкой и внедрением экологических инноваций, ориентированных на сокращение энергозатрат и рециркуляцию в процессе использования нефтехимической продукции, т.е. ориентир в цепи создания стоимости приходится на конечного пользователя.

3. Основные индикаторы, образующие факторные группы экологических инноваций в нефтехимической промышленности, характеризуются отрицательными полиномиальными трендами либо нестабильностью динамики, что указывает на недостаточную устойчивость в решении вопросов повышения экологичности нефтехимического производства в отечественной экономике.

Полученные в ходе исследования выводы могут быть использованы при дальнейшем развитии методики оценки ресурсоэффективности и повышения экологичности нефтехимической промышленности за счет разработки подходов к проектированию и внедрению экологических инноваций в процессе производства, использования и утилизации нефтехимической продукции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00655.

Список литературы

1. Ershova I.G., Yakimova E.Yu., Guselnikova L.N., Karakulin A.Yu. Theories of genesis in regional economy. Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage Proceedings of the 34rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA. 2019. P. 4636–4643.

2. Shkarupeta E., Savon D., Safronov A., Avlasenko L., Kruzhkova G. Digital Ecosystem Development Based on Open Innovation Model. Russian Conference on Digital Economy and Knowledge Management (RuDEcK 2020). 2020. P. 601–605.

3. Брижак О.В. Корпоративные отношения в современной экономике и их влияние на инновационное развитие корпораций // Научный вестник Южного института менеджмента. 2014. № 1. С. 4–10.

4. Шинкевич А.И., Барсегян Н.В., Бабушкин В.М. Роль кадрового обеспечения в реализации проектов бережливых производственных систем // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2019. № 4. С. 68–72.

5. Carpenter C. Innovative developments in Caspian Republics' oil and gas production. Journal of Petroleum Technology. 2016. № 68 (1). P. 42–45.

6. Frow P., Nenonen S., Storbacka K., Payne A. Managing Co-creation Design: A Strategic Approach to Innovation. British Journal of Management. 2015. № 26 (3). P. 463–483.

7. Кудрявцева С.С., Шинкевич А.И. Применение логистического подхода в моделировании открытых инноваций // Экономика, управление и инвестиции. 2014. № 1 (3). С. 6.

8. Росстат [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/14477 (дата обращения: 25.06.2021).

УДК 65.011:65.012.2

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИНЖИНИРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Малышева Т.В., Шинкевич А.И.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: tv_malysheva@mail.ru, ashinkevich@mail.ru

Статья посвящена актуальной проблеме повышения экологичности производственных систем на основе реализации экологического инжиниринга. Организационные методы и средства управления процессом инжиниринга являются недостаточно изученными и характеризуются практически отсутствием научно-методических материалов. Целью статьи является разработка методов и средств управления процессом инжиниринга с целью повышения экологичности производственных систем. Для реализации поставленной цели использован системотехнический подход, метод анализа и синтеза, причинно-следственных связей. Для определения тенденций и характера развития передовых производственных технологий использована описательная статистика. Разработка системы автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга производственных систем осуществлена на основе метода исследования операций. В статье определены тенденции развития передовых производственных технологий в Российской Федерации с выделением ключевых направлений создания интегрированных автоматизированных производственных систем. Предложена система автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга производственных систем в целях внедрения наилучших доступных технологий, содержащая формирование записей о параметрах экологической устойчивости производства и техническом состоянии производственных линий, регламентированный мониторинг технологических процессов в базе данных параметров управления, формирование баз данных алгоритмов и моделей преобразования информации для подготовки и принятия решений. Разработана блок-схема автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга с пошаговым описанием каналов связи и передачи цифровых сигналов. Полученные результаты могут быть использованы для разработки инструментария управления процессом инжиниринга в целях организации экологических производственных систем, внедрения наилучших доступных технологий.

Ключевые слова: организация производства, экологическая производственная система, экологический инжиниринг, система автоматизированного управления, передовые производственные технологии

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED INFORMATION CONTROL SYSTEM FOR THE ENGINEERING PROCESS OF ENVIRONMENTAL PRODUCTIONS

Malysheva T.V., Shinkevich A.I.

Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: tv_malysheva@mail.ru, ashinkevich@mail.ru

The article is devoted to the actual problem of improving the environmental friendliness of production systems based on the implementation of environmental engineering. Organizational methods and tools for managing the engineering process are insufficiently studied and are characterized by the almost absence of scientific and methodological materials. The purpose of the article is to develop methods and tools for controlling the engineering process in order to improve the environmental friendliness of production systems. To achieve this goal, a system-technical approach, a method of analysis and synthesis, cause-and-effect relationships were used. Descriptive statistics are used to determine the trends and nature of the development of advanced production technologies. The development of an automated life cycle management system for environmental engineering of production systems was carried out on the basis of the operations research method. The article identifies the trends in the development of advanced production technologies in the Russian Federation with the identification of key areas for the creation of integrated automated production systems. A system of automated life cycle management of environmental engineering of production systems is proposed in order to introduce the best available technologies, containing the formation of records on the parameters of environmental sustainability of production and the technical condition of production lines, regulated monitoring of technological processes in the database of control parameters, the formation of databases of algorithms and models of information transformation for preparation and decision-making. A flowchart of automated life cycle management of environmental engineering with a step-by-step description of communication channels and digital signal transmission has been developed. The obtained results can be used to develop tools for managing the engineering process in order to organize environmental production systems, introduce the best available technologies.

Keywords: production organization, ecological production system, ecological engineering, automated control system, advanced production technologies

В настоящее время все более актуальной становится проблема повышения экологичности производственных систем. Действенным организационным инструментом совершенствования производственных процессов и их результатов является инжи-

ниринг как процесс целенаправленных действий, имеющий результатом создание новых производственных систем в целях снижения негативного воздействия на экосистему и сбережения ресурсов. Экологический инжиниринг позволяет реализовать принципы устойчивого развития на промышленном предприятии и повысить эффективность производственных процессов [1].

Инжиниринг ориентирован на практику организации производства, а именно совершенствование производственных процессов и оптимизацию их параметров. Процессный инжиниринг представляет собой интегрированный научно-инженерно-управленческий инструмент, базирующийся на знаниях в области организации производства, организации процессов и аппаратов химической технологии, термодинамики, законов физических и химических явлений и химических превращений [2, 3]. Несмотря на то, что область инжиниринга производственных систем существует в мире с 1980-х гг., данное направление является недостаточно изученным и характеризуется практически отсутствием научно-методических материалов. На сегодняшний день остаются неизученными отдельные вопросы выбора инструментов эффективного управления инжинирингом, в том числе информатизация и автоматизация потоков данных в рамках мониторинга и контроля производственных процессов.

Целью статьи является разработка методов и средств управления процессом инжиниринга с целью повышения экологичности производственных систем. Реализация поставленной цели предполагает решение следующих трех задач:

− определение тенденций развития передовых производственных технологий в Российской Федерации с выделением ключевых направлений создания интегрированных автоматизированных производственных систем;

− разработка системы автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга производственных систем в целях внедрения наилучших доступных технологий;

− формирование блок-схемы автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга с описанием архитектуры системы управления и каналов связи для передачи цифровых сигналов в целях повышения эффективности результатов инжиниринга и повышения экологичности производства.

Материалы и методы исследования

Основу методов исследования составил системотехнический подход, метод анализа и синтеза, причинно-следственных связей. Для определения тенденций и характера развития передовых производственных технологий использована описательная статистика. Разработка системы автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга производственных систем осуществлена на основе метода исследования операций, в том числе управления в сложных ситуациях и в условиях неопределенности, изучения взаимосвязей между элементами, определяющими возможные результаты принимаемых решений.

Результаты исследования и их обсуждение

Новые производственные технологии в Российской Федерации за последние 20 лет получили существенное качественное и количественное развитие. В основном это технологии, управляемые с помощью компьютера или основанные на микроэлектронике и используемые при проектировании и реализации производственных процессов. Элементы производственных технологий, как правило, соединены локальными сетями связи в единую гибкую производственную систему, что в результате образует интегрированную автоматизированную производственную систему [4, 5].

По данным российского статистического наблюдения наибольшее количество передовых технологий разработано для процессов производства, обработки и сборки продукции (510 единиц в 2019 г.), проектирования и инжиниринга (456 единиц), связи и управления (316 единиц). Наиболее интересна статистика разработанных передовых производственных технологий в динамике с 2000 по 2019 г., где более чем четырехкратный прирост получили разработка и использование производственных информационных систем (рост в 4,5 раза), технологии связи и управления (рост в 4,5 раза), а также технологии проектирования и инжиниринга (рост в 2,7 раза) (таблица).

Разброс значений в массиве данных относительно среднего значения (дисперсия выборки) по первым трем направлениям передовых технологий достаточно значительный, что свидетельствует о нестабильной динамике разработки новых технологий, характеризующей некий прорыв в науке и технике. Коэффициент эксцесса показывает низковершинное распределение, а асимметрия является левосторонней, т.е. в распределении преобладают более низкие значения ряда данных. Таким образом, развитие передовых производственных технологий в России за последние 20 лет имеет «скачкообразный» характер и положительную динамику.

Статистика разработанных передовых производственных технологий в России в 2000–2019 гг.

	2000	2010	2015	2019	Темп роста, %	Дисперсия	Эксцесс	Асимметричность
Производственная информационная система	18	20	84	81	450,0	1186,7	-3,30	0,61
Связь и управление	90	70	232	316	351,1	13221,0	-1,61	0,85
Проектирование и инжиниринг	165	216	359	456	276,4	18457,7	-1,61	0,70
Аппаратура автоматизированного наблюдения и контроля	76	116	117	159	209,2	996,7	0,55	0,67
Интегрированное управление и контроль	38	41	46	69	181,6	216,7	2,47	1,38
Производство, обработка и сборка	281	383	548	510	181,5	15075,3	-2,75	0,25
Автоматизированная транспортировка и погрузочно-разгрузочные операции	20	18	12	29	145,0	60,3	0,04	0,61

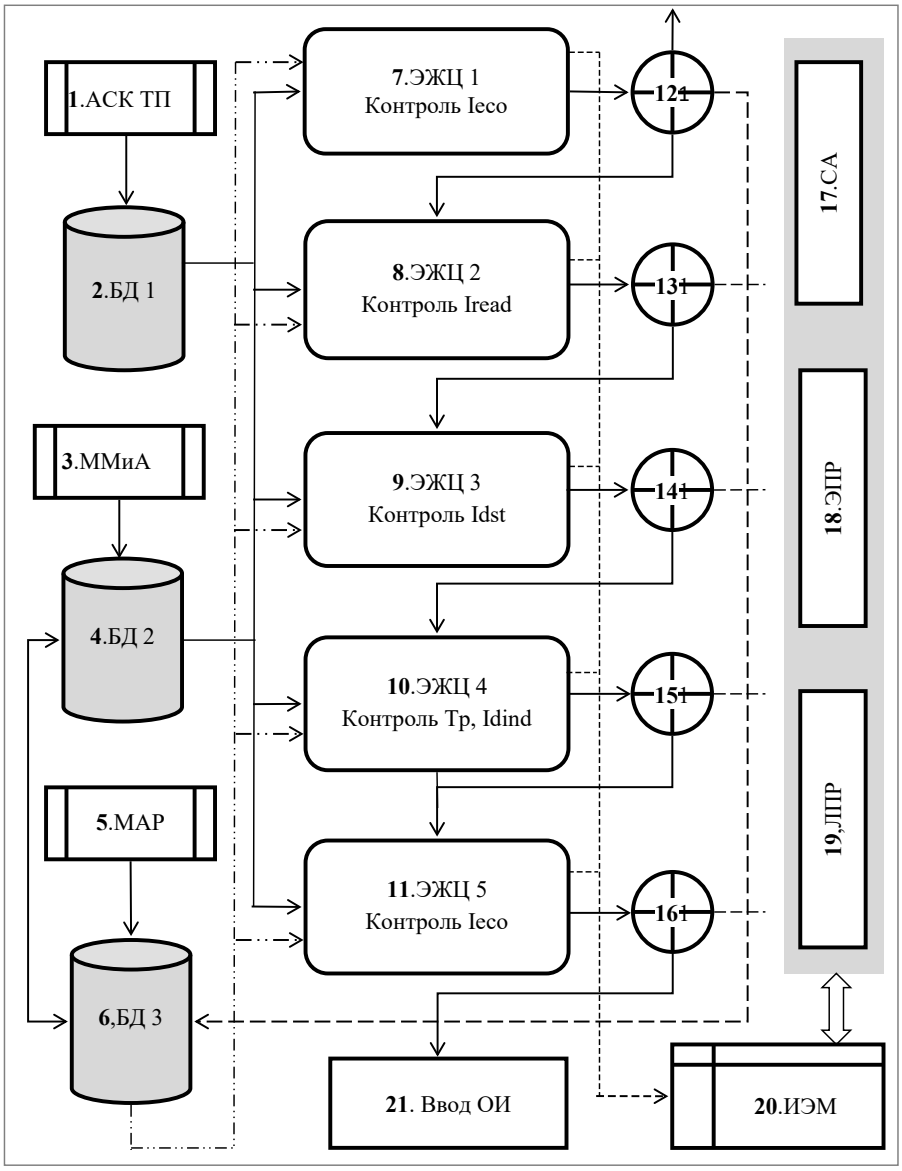
Для повышения экологичности производственных систем нами предложена система автоматизированной поддержки принятия решений в управлении экологическим инжинирингом, включающим поэтапный переход на систему стандартов наилучших доступных технологий [6, 7]. Технический результат данного подхода заключается в повышении результативности процесса инжиниринга производственной системы, достижении заданного уровня экологичности производства с оптимальными финансовыми, временными, материальными ресурсами на основе автоматизации метода управления жизненным циклом инжинирингового проекта. Для этого обеспечивается более полное соответствие заданных параметров процесса инжиниринга условиям функционирования производственной системы за счет учета специфики технологических процессов и поэтапного контроля изменений в объекте инжиниринга [8].

Работа системы автоматизированной поддержки принятия решений в управлении экологическим инжинирингом состоит из десяти последовательных шагов, направленных на реализацию алгоритма автоматизированной поддержки принятия решений в управлении инжинирингом (рисунок).

Шаг 1. На этапе жизненного цикла ЭЖЦ1 осуществляется оценка уровня экологичности производства $Ieco^1$ (элемент 7) на основе информации базы данных БД1 параметров управления экологическим проектированием (элемент 2), аккумулированных с точек контроля автоматизированной системы контроля технологических процессов (АСК ТП) в виде цифровых сигналов (элемент 1) и информационной системы математических моделей и алгоритмов (ММиА) и базы данных алгоритмов преобразования информации (элементы 3,4). $Ieco^1$ является комплексным показателем воздействия входных величин $X_1 \ldots Xn$, поступающих от элементов производственной системы.

Шаг 2. По результатам контроля $Ieco^1$ в расчетном модуле (элемент 12) при условии несоблюдения требований экологичности $Ieco^1 < Ieco^{opt}$ осуществляется переход на стадию инициации проекта ЭЖЦ2 (элемент 8). В случае экологического равновесия $Ieco^1 \geq Ieco^{opt}$ осуществляется выход из цикла. Индекс экологичности оптимальный $Ieco^{opt}$ рассматривается как управляющее воздействие U на объект управления в целях эффективной реализации инжиниринга.

Шаг 3. На этапе жизненного цикла ЭЖЦ2 производится оценка технической готовности Iread (элемент 8) по результатам расчетного модуля (элемент 13) на основе информации базы данных БД1 параметров управления экологическим проектированием (элемент 2), аккумулированных с точек контроля автоматизированной системы контроля технологических процессов (АСК ТП) в виде цифровых сигналов (элемент 1), и информационной системы математических моделей и алгоритмов (ММиА) и базы данных алгоритмов преобразования информации (элементы 3, 4). Индекс готовности производственной системы Iread рассматривается как случайное внешнее воздействие F со стороны других подсистем производства и из-за ее пределов.



Блок-схема функционирования системы автоматизированной поддержки принятия решений в управлении экологическим инжинирингом

Шаг 4. При условии Iread ≥ $Iread^{opt}$ осуществляется переход на этап разработки и организации инжинирингового проекта ЭЖЦ3 (элемент 9). В случае Iread < $Iread^{opt}$ принимается решение о возврате на этап ЭЖЦ2 для внесения корректив в концепцию инжиниринга (элемент 8) на основе модуля моделирования альтернативных решений (МАР) и базы данных альтернативных решений БД3 (элементы 5, 6). Принятие решения о корректировке задач инжиниринга производится через АРМ административно-управленческой группы, включающей системного аналитика (СА), эксперта по принятию решения (ЭПР), лица, принимающего решение (ЛПР) (элементы 17–19) с использованием интерфейса экспертного модуля (ИЭМ) (элемент 20). Индекс готовности производственной системы оптимальный $Iread^{opt}$ рассматривается как управляющее воздействие U на объект управления в целях эффективной реализации инжиниринга.

Шаг 5. После принятия решения о соответствии параметра готовности производственной системы Iread осуществляется переход на этап разработки и организации инжинирингового проекта ЭЖЦ3 (элемент 9) по результатам расчета (элемент 14). На дан-

ном этапе производится оценка чувствительности технологических процессов путем расчета индекса риска дестабилизации производственной системы Idst на основе информации базы данных БД1 параметров управления экологическим проектированием (элемент 2), аккумулированных с точек контроля автоматизированной системы контроля технологических процессов (АСК ТП) в виде цифровых сигналов (элемент 1) и информационной системы математических моделей и алгоритмов (ММиА) и базы данных алгоритмов преобразования информации (элементы 3, 4). Индекс риска дестабилизации производственной системы Idst рассматривается как случайное внешнее воздействие F со стороны других подсистем производства и из-за ее пределов.

Шаг 6. Переход на этап реализации инжинирингового проекта ЭЖЦ4 (элемент 10) осуществляется при условии $Idst < Idst^{crt}$. В случае $Idst > Idst^{crt}$ производится возврат на этап ЭЖЦ2 (элемент 8) для корректировки состава и сроков плана мероприятий на основе модуля моделирования альтернативных решений (МАР) и базы данных альтернативных решений БД3 (элементы 5, 6). Принятие решения о корректировке состава и сроков плана мероприятий производится через АРМ административно-управленческой группы (элементы 17–19) с использованием интерфейса экспертного модуля (элемент 20). Индекс риска дестабилизации производственной системы критический $Idst^{crt}$ рассматривается как управляющее воздействие U на объект управления в целях эффективной реализации инжиниринга.

Шаг 7. После принятия решения об отсутствии риска дестабилизации Idst осуществляется переход на этап разработки завершения инжинирингового проекта ЭЖЦ4 (элемент 10), где по завершению инжиниринга производится контроль исполнения сроков и целевых ориентиров: фактическое время на реализацию этапов жизненного цикла проекта Tp^{fact}, индекс отклонения проектных индикаторов Idind по результатам расчетов параметров (элемент 15) на основе информации базы данных БД1 параметров управления экологическим проектированием (элемент 2), аккумулированных с точек контроля автоматизированной системы контроля технологических процессов (АСК ТП) в виде цифровых сигналов (элемент 1), и информационной системы математических моделей и алгоритмов (ММиА) и базы данных алгоритмов преобразования информации (элементы 3, 4). Время на реализацию этапов жизненного цикла проекта фактическое (Tp^{fact}) и индекс отклонения проектных индикаторов (Idind) рассматриваются в причинно-следственной взаимосвязи с экстерналиями F.

Шаг 8. При выполнении сроков и целевых ориентиров $Tp^{fact} \leq Tp^{norm}$ и $Idind \leq Idind^{opt}$ осуществляется переход на этап ЭЖЦ5 для контроля выходного индекса экологичности (элемент 11). В случае $Tp^{fact} > Tp^{norm}$, $Idind > Idind^{opt}$ параллельно с переходом на этап ЭЖЦ5 (элемент 11) производится возврат на этап ЭЖЦ2 (элемент 8) для анализа отклонений параметров на основе модуля моделирования альтернативных решений (МАР) и базы данных альтернативных решений БД3 (элементы 5, 6). Время на реализацию этапов жизненного цикла проекта нормативное (Tp^{norm}) и индекс отклонения проектных индикаторов оптимальный ($Idind^{opt}$) рассматриваются как управляющие воздействия U на объект управления в целях эффективной реализации инжиниринга.

Шаг 9. На этапе жизненного цикла ЭЖЦ5 осуществляется оценка выходного уровня экологичности производства $Ieco^2$ (элемент 11) на основе информации базы данных БД1 параметров управления экологическим проектированием (элемент 2), аккумулированных с точек контроля автоматизированной системы контроля технологических процессов (АСК ТП) в виде цифровых сигналов (элемент 1), и информационной системы математических моделей и алгоритмов (ММиА) и базы данных алгоритмов преобразования информации (элементы 3, 4). Индекс экологичности производства ($Ieco^2$) является комплексным показателем выходных величин $Y_1 \ldots Yn$, формируемым в результате внешних воздействий и заданных параметров объекта управления на его выходе.

Шаг 10. По результатам контроля $Ieco^2$ (элемент 16) при условии $Ieco^2 \geq Ieco^{opt}$ проект считается завершенным и производится ввод в действие объекта инжиниринга (элемент 21). В случае $Ieco^2 < Ieco^{opt}$ осуществляется возврат на ЭЖЦ2 для анализа стартовой концепции инжиниринга в целом и выявления причин невыполнения заданного $Ieco^2$ с использованием модуля моделирования альтернативных решений (МАР) и базы данных альтернативных решений БД3 (элементы 5, 6). При этом в качестве индикативных параметров заложены индексы, содержание которых может быть различным, в зависимости от характера экологического инжиниринга и архитектуры производственной системы.

Основное назначение предлагаемой системы заключается в обеспечении автоматизации процесса принятия решений в управлении инжиниринговым проектом,

направленным на изменение параметров экологичности производственной системы на выходе по сравнению с параметрами экологичности на входе, возможным к использованию на сложноорганизованных промышленных объектах, внедряющих наилучшие доступные технологии по утилизации и обезвреживанию отходов, очистке выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сточные воды и пр. [9]. Функция автоматизированного управления заключается в сборе, хранении, обработке, передаче информации от датчиков контроля технологических процессов и экосистемы, выборе алгоритмов и моделей для моделирования решений по оптимизации управления инжинирингом при помощи аппаратных средств [10].

Представленная блок-схема обеспечивает адекватность автоматизированного управления, обусловленную возможностью трансфера информации с датчиков измерения состояния экосистемы и расходомеров сырья, учетом готовности производственной системы и риска дестабилизации технологических процессов в ходе процессов экологического инжиниринга.

Заключение

Исследование методов и средств управления процессом инжиниринга с целью повышения экологичности производственных систем позволило получить следующие научно-практические результаты:

1. Определены тенденции развития передовых производственных технологий в Российской Федерации за последние 20 лет с выделением ключевых направлений создания интегрированных автоматизированных производственных систем. Определено, что прорывное развитие получили разработка и использование производственных информационных систем, технологии связи и управления, а также технологии проектирования и инжиниринга.

2. Предложена система автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга производственных систем в целях внедрения наилучших доступных технологий. Система автоматизированного управления содержит формирование записей о параметрах экологической устойчивости производства и техническом состоянии производственных линий, регламентированный мониторинг технологических процессов в базе данных параметров управления, формирование баз данных алгоритмов и моделей преобразования информации для подготовки и принятия решений.

3. Разработана блок-схема автоматизированного управления жизненным циклом экологического инжиниринга с пошаговым описанием каналов связи и передачи цифровых сигналов. Блок-схема предусматривает модули оценки готовности производственной системы к экологическому инжинирингу и оценки риска дестабилизации технологических процессов с последующей оптимизацией параметров на основе имитационного моделирования параметров точек контроля процесса инжиниринга.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ № НШ-2600.2020.6.

Список литературы

1. Мешалкин В.П. Введение в инжиниринг энергоресурсосберегающих химико-технологических систем: учебное пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2020. 208 с.

2. Малышева Т.В., Шинкевич А.И. Формирование методологических основ проектного подхода к организации экологических производственных систем // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4 (2). С. 228–233.

3. Алиев Р.А., Гразион К.П. Роль экологической сертификации в переходе к моделям рационального производства и потребления // Отходы и ресурсы. 2018. Т. 5. № 3. С. 3.

4. Шинкевич А.И., Барсегян Н.В. Пути повышения эффективности организации производственных процессов на нефтехимических предприятиях за счет применения систем автоматизации // Русский инженер. 2019. № 4. С. 48–51.

5. ГОСТ Р 113.00.01–2019 Наилучшие доступные технологии. Система стандартов наилучших доступных технологий. Общие положения. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200163939 (дата обращения: 15.07.2021).

6. ГОСТ Р 57306-2016 Инжиниринг. Терминология и основные понятия в области инжиниринга. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200143273 (дата обращения: 15.07.2021).

7. Шваб К. Четвертая промышленная революция. The fourth industrial revolution: [перевод с английского]. М.: Эксмо, 2018. 285 с.

8. Malysheva T.V., Shinkevich A.I., Ostanin L.M., Zhandarova L.F., Muzhzhavleva T.V., Kandrashina E.A. Organization challenges of competitive petrochemical products production. Espacios. 2018. Vol. 39. No. 9. P. 28.

9. Таишева Г.Р., Яковлева М.Л., Исмагилова Э.Р., Саликова Э.Г. Оптимизация производственных процессов // American Scientific Journal. 2021. № 48–2 (48). С. 26–35.

10. Мингалеев Г.Ф., Бабушкин В.М., Шарафеев И.Ш., Валиуллин Р.З. Адаптивное планирование организации производства промышленного предприятия // Computational Nanotechnology. 2019. № 3. С. 47–53.

УДК 519.6:519.7

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПО ЛЯПУНОВУ

Ромм Я.Е., Буланов С.Г.

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

Устойчивость в смысле Ляпунова анализируется с помощью приближенных методов решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. В числе применяемых методов – методы Эйлера, Рунге – Кутты, Батчера, Дормана – Принса, а также кусочно-интерполяционный метод с итерационным уточнением, построенный на основе интерполяционного полинома Лагранжа. Методы реализованы программно и сравниваются между собой на предмет эффективности выполнения компьютерного анализа устойчивости. Сравнение проводится в аспекте достоверности и временной сложности получения результатов анализа, конкретно – по длине отрезка приближенного решения, на котором сохраняется достоверная оценка устойчивости, и по времени выполнения анализа на равных отрезках. Для разностных методов выбирается один и тот же шаг решения одинаковой дифференциальной системы, кусочно-интерполяционный метод для этой же системы выбирается с фиксированными параметрами. Оценки устойчивости и параметры сравнения опираются на априори предложенные критерии. Анализируемые дифференциальные системы включают линейные системы с постоянными и переменными коэффициентами, автономные и нелинейные системы общего вида. Процесс сравнения выполняется посредством численного моделирования предложенных критериев устойчивости и реализуется по ходу решения задачи Коши. Результаты численного эксперимента показывают применимость для моделирования устойчивости каждого из рассматриваемых методов. Вместе с тем для компьютерного анализа устойчивости в реальном времени по ходу решения задачи предпочтителен кусочно-интерполяционный метод с итерационным уточнением на основе интерполяционного полинома Лагранжа. В работе также представлены результаты численного моделирования устойчивости на основе знаков приближения решения и его двух производных, в этом случае применяется метод Эйлера без сопоставления с другими методами.

Ключевые слова: критерии устойчивости по Ляпунову, численное моделирование устойчивости, компьютерный анализ устойчивости решений обыкновенных дифференциальных уравнений, сравнение методов численного моделирования, кусочно-интерполяционный метод с итерационным уточнением на основе полинома Лагранжа

NUMERICAL MODELING OF LYAPUNOV STABILITY

Romm Ya.E., Bulanov S.G.

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

Stability in the sense of Lyapunov is analyzed using approximate methods for solving the Cauchy problem for ordinary differential equations. The methods used include the Euler, Runge-Kutta, Butcher, and Dormand-Prince methods as well as the piecewise interpolation method with iterative refinement based on the Lagrange interpolation polynomial. The methods are implemented programmatically and are compared with each other for the effectiveness of computer stability analysis. The comparison is performed in terms of reliability and time complexity of the analysis results, specifically, in terms of the length of the segment of the approximate solution, on which the reliable stability estimate is preserved, and in terms of the time to perform the analysis on equal segments. For the difference methods the same step of solving the same differential system is chosen. The piecewise-interpolation method for the same system is chosen with fixed parameters. Stability estimates and comparison parameters are based on a priori proposed criteria. The analyzed differential systems include linear systems with constant and variable coefficients, autonomous and nonlinear systems of general form. The comparison is performed by numerical modeling of the proposed stability criteria and is implemented in the course of solving the Cauchy problem. The results of the numerical experiment show the applicability of each of the considered methods for stability modeling. At the same time, the piecewise interpolation method with iterative refinement based on the Lagrange interpolation polynomial is preferred for real-time computer stability analysis in the course of problem solving. The paper also presents the results of numerical modeling of stability based on the signs of the solution approximation and its two derivatives, in which case the Euler method is applied without comparison with other methods.

Keywords: Lyapunov stability criteria, numerical modeling of stability, computer analysis of stability of ordinary differential equations solutions, comparison of numerical modelig methods, piecewise-interpolation method with iterative refinement based on the Lagrange polynomial

Первоначально подход к анализу устойчивости в смысле Ляпунова (ниже – устойчивости) на основе численного моделирования обсуждался в [1, 2], современное состояние исследований отражено, в частности, в [3, 4]. В излагаемой ниже работе численное моделирование устойчивости опирается на разностное и кусочно-интерполяционное решение задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), моделирование устойчивости выполняется по ходу компьютерного решения задачи на основе критериев, предложенных в [5–7]. Ранее в рамках данного подхода моделирование, как правило, выполнялось с помощью метода Эйлера, использование для этой цели разностных методов более высокого порядка практиче-

ски не влияло на качество анализа устойчивости [8]. Однако на сопоставление методов в рассматриваемом аспекте повлияло появление кусочно-интерполяционного метода с итерационным уточнением на основе интерполяционных полиномов Ньютона [9] и Лагранжа [10]. Предложенные в [9, 10] методы отличаются непрерывностью и непрерывной дифференцируемостью приближенного решения, обладают сравнительно высокой точностью и малым накоплением погрешности на достаточно длинном отрезке приближения. На основании этих свойств можно предположить, что с помощью кусочно-интерполяционных методов сравнительно достоверно отображается асимптотическое поведение решения задачи Коши и адекватно оценивается устойчивость. Предварительный численный эксперимент отчасти подтверждает это предположение. Отсюда ставится задача провести системное сравнение методов Эйлера, Рунге – Кутты, Батчера, Дормана – Принса и кусочно-интерполяционного метода с итерационным уточнением на предмет численного моделирования асимптотического поведения решения задачи Коши для ОДУ и компьютерного анализа его устойчивости. Требуется сравнить степень достоверности и эффективность анализа в рамках предложенных критериев устойчивости. Для сравнения выбран набор дифференциальных систем различных классов. Все методы сравниваются между собой на каждой задаче в отдельности, с равным шагом, на равном отрезке приближения, – по временной сложности и по длине отрезка приближения, на котором сохраняется достоверность критериев устойчивости.

Цель исследования состоит в том, чтобы определить возможности каждого метода и выявить наиболее предпочтительный метод для инвариантного компьютерного анализа устойчивости по Ляпунову решений систем ОДУ различных классов.

Исходные соотношения и используемые критерии

Рассматривается задача Коши для системы вида

$$Y' = F(t,Y),\ Y(t_0)=Y_0, \qquad (1)$$

где $F(t,Y)=(f_1(t,Y), f_2(t,Y),\ldots,f_n(t,Y))$,

$$Y=(y_1(t), y_2(t),\ldots,y_n(t)),$$

$$Y_0=(y_{01}, y_{02},\ldots,y_{0n}).$$

Ниже используются канонические согласованные нормы матрицы и вектора. По умолчанию $\|Y(t)\| = \max\limits_{1\le k\le n} |y_k(t)|$, в численных экспериментах, помимо того, используется эвклидова норма. Всюду ниже предполагается, что $\exists\delta_0>0$, такое, что на полупрямой $[t_0,\infty)$ выполнены все условия существования и единственности для невозмущенного решения и для каждого его возмущения $\tilde{Y}=\tilde{Y}(t)$, $\tilde{Y}(t_0)=\tilde{Y}_0$, с начальным вектором в границах $\|\tilde{Y}_0-Y_0\|\le\delta_0$. Для всех рассматриваемых в дальнейшем численных методов решения задачи (1) на отрезке $[t_0, t]$ будут предполагаться выполненными условия сходимости $\forall t\in[t_0,\infty)$, $\forall\ Y_0, \tilde{Y}_0$: $\|\tilde{Y}_0-Y_0\|\le\delta_0$.

В принятых условиях определение устойчивости упрощено: решение $Y=Y(t)$ устойчиво, если $\forall\varepsilon>0$ найдется Δ, $0<\Delta\le\delta_0$, такое, что $\|\tilde{Y}_0-Y_0\|\le\Delta$ влечет $\|\tilde{Y}(t)-Y(t)\|\le\varepsilon\ \forall t\in[t_0,\infty)$. Решение асимптотически устойчиво, если оно устойчиво и найдется Δ_0, $0<\Delta_0\le\Delta$, такое, что из неравенства $\|\tilde{Y}_0-Y_0\|\le\Delta_0$ следует $\tilde{Y}(t)-Y(t)\to 0$, если $t\to\infty$.

Метод Эйлера решения задачи (1)

$$Y_{i+1}=Y_i+F(t_i,Y_i)h, \qquad (2)$$

на произвольном отрезке $[t_0,t]$ применяется в предположении, что значение $t\in[t_0,\infty)$ является произвольно фиксированным, при этом индекс i неограниченно растет одновременно с убыванием равномерного шага:

$$t=\text{const},\ t=t_{i+1},\ h=(t_{i+1}-t_0)/(i+1),$$

$$i=0,1,\ldots,\ t_{k+1}=t_k+h,\quad k\in\overline{0,i}. \qquad (3)$$

Используемые в дальнейшем критерии устойчивости вначале приводятся для линейной системы, которую, не умаляя общности, можно считать однородной,

$$Y'=A(t)Y,\quad Y(t_0)=Y_0, \qquad (4)$$

где $Y(t)$, Y_0 определяются так же как для (1), матрица $A(t)$, $n\times n$, состоит из функций $a_{ij}=a_{ij}(t)$, $t\in[t_0,\infty)$; $i=1,2,\ldots,n$, $j=1,2,\ldots,n$. В [6] доказана

Теорема 1. *В рассматриваемых условиях решение задачи (4) устойчиво тогда и только тогда, когда*

$$\left\| \lim_{i\to\infty}\prod_{\ell=0}^{i}(E+hA(t_{i-\ell})) \right\| \le C, \qquad (5)$$

const [,)

$$C=\text{const}\ \forall\ t\in[t_0,\infty).$$

Для асимптотической устойчивости необходимо и достаточно, чтобы выполнялось (5), а также соотношение

$$\lim_{t\to\infty}\left\| \lim_{i\to\infty}\prod_{\ell=0}^{i}(E+hA(t_{i-\ell})) \right\| = 0. \qquad (6)$$

В (5), (6) E – единичная матрица, h – шаг метода Эйлера решения задачи (4), определяемый на $[t_0, t]$ согласно (3): $Y_{i+1} = Y_i + h\,A(t_i)\,Y_i$. Отсюда

$$Y_{i+1} = (E + h\,A(t_i))Y_i\,,$$

$$Y_{i+1} = (E + h\,A(t_i))(E + h\,A(t_{i-1}))Y_{i-1} = \cdots =$$

$$= \prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell}))Y_0\,.$$

Для линейной системы все решения устойчивы, если устойчиво какое-либо одно решение, все неустойчивы, если неустойчиво хоть одно решение [11]. Из равенства

$$Y_{i+1} = \prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell}))Y_0$$

видно, что устойчивость или неустойчивость нулевого решения, а значит, всей системы определяется исключительно асимптотическим поведением предела частичного произведения

$$\prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell}))\,,$$

то есть

$$\lim_{i\to\infty} \prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell}))\,,$$

что приводит к критериям (5), (6).

Согласование с (3) означает, что в частичном произведении

$$\prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell}))$$

при каждом увеличении числа сомножителей i меняется значение шага $h = (t_{i+1} - t_0)/(i+1)$, причем одинаково и одновременно в каждом сомножителе:

$$\prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell})) = \prod_{\ell=0}^{i} \left(E + \frac{t_{i+1} - t_0}{i+1} A(t_{i-\ell})\right). \quad (7)$$

Свойство (7) шага h сохраняется для частного случая критериев (5), (6), а именно когда в (4) матрица в $A(t)$, $n \times n$, постоянна: $A(t) \equiv A$. Для такой матрицы коэффициентов $\prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A) = (E + h\,A)^i$. Имеет место

Следствие 1. В случае $A(t) \equiv A$ система (4) устойчива тогда и только тогда, когда

$$\left\| \lim_{i\to\infty} (E + h\,A)^i \right\| \le C, \qquad \text{const} \quad (8)$$

$$C = \text{const}\ \forall\ t \in [t_0, \infty),\ h = (t - t_0)/(i+1)\,.$$

Для асимптотической устойчивости необходимо и достаточно, чтобы выполнялось (8) и соотношение

$$\lim_{t\to\infty} \left\| \lim_{i\to\infty} (E + h\,A)^i \right\| = 0\,. \quad (9)$$

Нетрудно видеть, что в (8), (9) без изменения результата индекс i можно взять равным целой степени по основанию два: $i = 2^k$, $k = \log_2 i$. Отсюда вытекает

Следствие 2. В случае $A(t) \equiv A$ система (4) устойчива тогда и только тогда, когда

$$\left\| \lim_{k\to\infty} (E + h\,A)^{2^k} \right\| \le C, \quad C = \text{const}\ \forall\ t \in [t_0, \infty),\ h = (t - t_0)/(2^k + 1)\,. \quad (10)$$

Для асимптотической устойчивости необходимо и достаточно, чтобы выполнялось (10) и соотношение

$$\lim_{t\to\infty} \left\| \lim_{k\to\infty} (E + h\,A)^{2^k} \right\| = 0\,. \quad (11)$$

Аналогично (8), (10), шаг метода Эйлера в (9), (11) – переменная величина, $h = (t - t_0)/(2^k + 1)$. С этой трактовкой критерии (8), (9) и (10), (11) уточняют формулировки прототипов, данные в [5, 6], а также в [7].

Для системы общего вида (1) разность между возмущенным и точным решением с помощью метода Эйлера можно представить в виде [5, 6]

$$\tilde{y}_{k\,(i+1)} - y_{k\,(i+1)} = (1 + D_i^{(k)} h)\,(\tilde{y}_{k\,i} - y_{k\,i}) + w_{k\,i}\ \ \forall k \in \overline{1, n}\,,$$

где $w_{k\,i} = \tilde{q}_{ki} - q_{ki}$ – разность остаточных членов формулы Тейлора для k-х компонентов решения,

$$D_i^{(k)} = \frac{f_k(t_i, \tilde{Y}_i) - f_k(t_i, Y_i)}{\tilde{y}_{ki} - y_{ki}}\,.$$

Отсюда

$$\tilde{y}_{k(i+1)} - y_{k(i+1)} = \prod_{\ell=0}^{i}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)(\tilde{y}_{k0}-y_{k0}) + \sum_{r=0}^{i-1}\prod_{\ell=0}^{r}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)\, w_{k(i-r-1)} + w_{ki} \quad ,$$

где h из (3), $k \in \overline{1,n}$. В этом выражении

$$\sum_{r=0}^{i-1}\prod_{\ell=0}^{r}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)\, w_{k(i-r-1)} + w_{ki} \to 0$$

при условии $h \to 0$, или, что равносильно, $i \to \infty$. В результате

$$\tilde{y}_k(t) - y_k(t) = \lim_{i\to\infty}\prod_{\ell=0}^{i}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)(\tilde{y}_{k0}-y_{k0}) \quad \forall t\in[t_0,\infty),\ \forall k\in\overline{1,n}.$$

В [5, 6] показано, что имеет место

Лемма 1. *В рассматриваемых условиях для устойчивости решения задачи (1) необходимо и достаточно, чтобы существовало* Δ_1, $0<\Delta_1\le\delta_0$, *такое, что* $\forall\ \tilde{Y}(t)$, $\tilde{Y}(t_0)=\tilde{Y}_0$, *при ограничении* $\left\|\tilde{Y}_0 - Y_0\right\| \le \Delta_1$ *выполняется неравенство*

$$\left|\lim_{i\to\infty}\prod_{\ell=0}^{i}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)\right| \le C^{(1)}, \qquad \text{const}, \qquad [\ ,\ ), \qquad 1,$$

$$C^{(1)} = \text{const},\ \forall t\in[t_0,\infty),\ \forall k\in\overline{1,n}. \quad (12)$$

Для асимптотической устойчивости необходимо и достаточно, чтобы выполнялось предыдущее утверждение и существовало $\Delta_2 \le \Delta_1$, такое, что $\left\|\tilde{Y}_0 - Y_0\right\| \le \Delta_2$ влечет

$$\lim_{t\to\infty}\left|\lim_{i\to\infty}\prod_{\ell=0}^{i}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)\right| = 0 \quad \forall k\in\overline{1,n}. \quad (13)$$

На $[t_0, t]$ частичное произведение

$$\prod_{\ell=0}^{i}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)$$

при изменении i меняет одновременно все свои сомножители и h в каждом из них согласно (3). Поскольку

$$(\tilde{y}_k(t)-y_k(t))/(\tilde{y}_{k0}-y_{k0}) = \lim_{i\to\infty}\prod_{\ell=0}^{i}(1+D_{i-\ell}^{(k)}h)$$

$$\forall t\in[t_0,\infty)\ ,\ \forall k\in\overline{1,n},$$

то из леммы следует

Теорема 2 [6, 7]. *Формулировка и утверждение леммы 1 дословно сохраняются при замене (12) на соотношение*

$$\left|(\tilde{y}_k(t)-y_k(t))/(\tilde{y}_{k0}-y_{k0})\right| \le C^{(1)}, \qquad \text{const}, \qquad [\ ,\ ), \qquad 1,$$

$$C^{(1)} = \text{const},\ \forall t\in[t_0,\infty),\ \forall k\in\overline{1,n}, \quad (14)$$

и (13) – на соотношение

$$\lim_{t\to\infty}\left|(\tilde{y}_k(t)-y_k(t))/(\tilde{y}_{k0}-y_{k0})\right| = 0\ \forall k\in\overline{1,n}. \quad (15)$$

Частное в (14) и (15) выражает отношение возмущения решения именно к вызвавшему его возмущению начальных значений. При всех их вариациях в границах $\left|\tilde{y}_{k0}-y_{k0}\right| \le \Delta_1$ выполняется $\left|(\tilde{y}_k(t)-y_k(t))/(\tilde{y}_{k0}-y_{k0})\right| = O(1)$ $\forall t\in[t_0,\infty)$, $\forall k\in\overline{1,n}$, что отличает теорему 2 от определений устойчивости и асимптотической устойчивости.

Именно (14) и (15) используется в дальнейшем. В [7] показано, что эти критерии пригодны в условиях, практически не требующих дополнительных формальных ограничений помимо условий существования и единственности решения задачи (1). В частности, критерии (14), (15) не зависят от метода приближенного решения в границах его сходимости.

Для случая анализа устойчивости нулевого решения системы теорема 2 влечет

Следствие 3. Пусть система (1) имеет нулевое решение $Y(t)=\vec{0}$. Относительно его устойчивости дословно сохраняются формулировка и утверждение леммы 1 при замене (12) на соотношение

$$\left|\ \tilde{y}_k(t)\ /\ \tilde{y}_{k0}\ \right| \le C^{(1)}, \qquad \text{const}, \qquad [\ ,\ ), \qquad 1,$$

$$C^{(1)} = \text{const},\ \forall t\in[t_0,\infty),\ \forall k\in\overline{1,n}, \quad (16)$$

и (13) – на соотношение

$$\lim_{t\to\infty}\left|\ \tilde{y}_k(t)\ /\ \tilde{y}_{k0}\ \right| = 0\ \forall k\in\overline{1,n}. \quad (17)$$

Значок волны можно убрать, взяв любое решение с ненулевыми начальными значениями из соответственных окрестностей нулевых компонентов.

Пусть автономная система

$$V' = U(V),\ V(0)=\vec{0}, \qquad \text{const}, \qquad [\ ,\ ), \qquad 1, \qquad (18)$$

где $U(V)=(u_1(V),u_2(V),\ldots,u_n(V))$,

$$V=(v_1(t),v_2(t),\ldots,v_n(t)),\ \vec{0}=(0,0,\ldots,0)^T,$$

имеет нулевое решение с начальными значениями из (18), пусть требуется выпол-

нить анализ устойчивости этого решения (точки покоя). Не умаляя общности, можно считать, что $U(\vec{0})=\vec{0}$. Производная правой части (18) априори, аналитически и инвариантно, вычисляется по формуле производной сложной функции [12]:

$$\frac{du_k}{dt}=\sum_{\ell=1}^{n}\frac{\partial u_k}{\partial v_\ell}\frac{dv_\ell}{dt}, \text{ или,}$$

$$\frac{du_k}{dt}=\sum_{\ell=1}^{n}\frac{\partial u_k}{\partial v_\ell}u_\ell .$$

В [7] для системы (18) доказаны следующие достаточные условия устойчивости.

Предложение 1. *Если* $\exists\,\Delta>0$, *такое, что* $\forall\, V(0): 0<\|V(0)\|\le\Delta$, $\forall k\in\overline{1,n}$ *выполняется любая из пар неравенств* $0\le v_k(t)$, $u_k(t)\le 0$ *или* $v_k(t)\le 0$, $0\le u_k(t)\ \forall\, t\in[0,\infty)$, *то точка покоя системы (18) устойчива.*

Теорема 3. *Пусть выполнены условия предложения 1. Если* $\exists\,\overline{\Delta}>0, \overline{\Delta}\le\Delta$, *такое, что* $\forall\, V(0): 0<\|V(0)\|\le\overline{\Delta}$, $\forall k\in\overline{1,n}$ *выполняется пара неравенств* $0\le v_k(t)$, $u_k(t)<0$ *или* $v_k(t)\le 0$, $0<u_k(t)\ \forall\, t\in[0,\infty)$, *и при этом* $\exists\lim\limits_{t\to\infty}u_k(t)=\overline{q}_k$, $|\overline{q}_k|\ne\infty$, *то точка покоя системы (18) асимптотически устойчива.*

Теорема 4. *Если точка покоя системы (18) устойчива и* $\exists\,\Delta_1$, *такое, что* $\forall\, V(0): 0<\|V(0)\|\le\Delta_1$, $\forall k\in\overline{1,n}$ *выполнено либо* $u_k(t)\le 0$, $0<u_k'(t)$, *либо* $0\le u_k(t)$, $u_k'(t)<0\ \forall\, t\in[0,\infty)$, *то точка покоя асимптотически устойчива.*

Теорема 5. *Если* $\exists\Delta_1>0$, *такое, что* $\forall\, V(0): 0<\|V(0)\|\le\Delta_1$, $\forall k\in\overline{1,n}$ *выполняется любая из троек неравенств* $0<v_k(t)$, $u_k(t)<0$, $0<u_k'(t)$ *или* $v_k(t)<0$, $0<u_k(t)$, $u_k'(t)<0\ \forall\, t\in[0,\infty)$, *то точка покоя системы (18) асимптотически устойчива.*

Предложение 2. *Пусть* $\exists\Delta_1>0$, *такое, что* $\forall\, V(0): \|V(0)\|\le\Delta_1$, $\forall k\in\overline{1,n}$ *задача (18) имеет решения со свойством постоянства знаков компонентов,* $\operatorname{sgn}(v_k)=\text{const}$, *то есть либо* $v_k(t)<0\ \forall\, t\in[0,\infty)$, *либо* $0<v_k(t)\ \forall\, t\in[0,\infty)$. *Пусть* $\forall\, V(0)$ *из рассматриваемой окрестности начальных данных* $\lim\limits_{t\to\infty}\|U(V)\|=0$. *Тогда для асимптотической устойчивости точки покоя необходимо и достаточно выполнение одной из пар неравенств* $v_k(t)<0$, $0\le u_k(t)$ *или* $0<v_k(t)$, $u_k(t)\le 0\ \forall\, t\in[0,\infty)$.

Предложение 3. *Пусть точка покоя системы (18) устойчива. Тогда для ее асимптотической устойчивости необходимо и достаточно выполнение одной из пар неравенств* $u_k(t)<0$, $0\le u_k'(t)$ *или* $0<u_k(t)$, $u_k'(t)\le 0\ \forall\, t\in[0,\infty)$.

Следующие условия достаточны для неустойчивости.

Предложение 4. *Если для задачи (18)* $\forall\,\Delta_1>0\ \exists V(t)$: $0<\|V(0)\|\le\Delta_1$, $\exists\, k\in\overline{1,n}$, $\exists\, t_0>0$, *такие, что неравенства* $0\le v_k(t)$, $0<u_k(t)$ *верны* $\forall\, t\in[t_0,\infty)$, *при этом либо* $u_k'(t)\le 0$, *либо* $0\le u_k'(t)\ \forall\, t\in[t_0,\infty)$, *то точка покоя неустойчива. Аналогично, если* $v_k(t)\le 0$, $u_k(t)<0$.

Нетрудно видеть, что к тому же результату приводит выполнение соотношений $0<v_k(t)$, $0\le u_k(t)$ или $v_k(t)<0$, $u_k(t)\le 0$ $\forall\, t\in[t_0,\infty)$ при сохранении условий относительно $u_k'(t)$.

Теорема 6. *Точка покоя системы (18) неустойчива, если* $\forall\,\Delta_1>0\ \exists V(t)$: $0<\|V(0)\|\le\Delta_1$, $\exists\, k\in\overline{1,n}$, $\exists\, t_0>0$, *такие, что* $\forall\, t\in[t_0,\infty)$ *верна хоть одна из пар следующих неравенств при сохранении условий предложения 4 относительно* $u_k'(t)$: $0\le v_k(t)$, $0<u_k(t)$; $v_k(t)\le 0$, $u_k(t)<0$; $0<v_k(t)$, $0\le u_k(t)$; $v_k(t)<0$, $u_k(t)\le 0$. *В тех же условиях решение неустойчиво, если верна хоть одна из пар следующих неравенств:* $0<u_k(t)$, $0\le u_k'(t)$; $u_k(t)<0$, $u_k'(t)\le 0$; $0\le u_k(t)$, $0<u_k'(t)$; $u_k(t)\le 0$, $u_k'(t)<0$.

Все приведенные критерии применимы для линейной системы с матрицей *A* постоянных коэффициентов, включая критерии для автономной системы, частным случаем которой является такая система:

$$Y'=AY,\quad Y(t_0)=Y_0. \tag{19}$$

Для системы (19) каждый из этих критериев достаточно проверить для одного произвольно взятого решения (и, при необходимости, его производных) с начальным вектором из ненулевых координат [7].

Методы, используемые для численного моделирования

Для данной цели фактически пригодны любые методы приближенного решения задачи Коши для ОДУ. Ниже некоторые из них сравниваются между собой относительно достоверности и эффективности численного моделирования устойчивости на их основе. В набор сравниваемых будут входить метод Эйлера (2), метод Рунге – Кутты 4-го порядка, метод Батчера, метод Дормана – Принса. Запись последних с явно заданными числовыми коэффициентами вместе с программной реализацией можно найти, в частности, в [13]. Акцентированное внимание в рассматриваемом применении уделяется кусочно-интерполяционному методу с итерационным уточнением. Как правило, метод используется в версии на основе интерполяционного полинома Ньютона с автоматическим выбором параметров [9]. В дальнейшем, од-

нако, будет рассматриваться упрощенная версия, использующая интерполяционный полином Лагранжа без автоматического выбора параметров [10], которая кратко излагается непосредственно ниже. Полином Лагранжа для интерполируемой функции $f(x)$ на отрезке $x \in [a, b]$ строится с равноотстоящими узлами: $x_i \in [a, b], i \in \overline{0, n}$, $x_{i+1} - x_i = h, i \in \overline{0, n-1}$, $h = (b-a)n^{-1}$. Вводится переменная $t = (x - x_0)h^{-1}$. Тогда $(x - x_1)h^{-1} = t - 1$, …, $(x - x_r)h^{-1} = t - r$, $r \in \overline{0, n}$, полином Лагранжа примет вид [10]

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

$$t = (x - x_0)h^{-1} \quad . \qquad (20)$$

В (20) $r \neq j$ – корни полинома $\prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^{n} (t-r)$.

По корням восстанавливаются коэффициенты этого полинома с помощью алгоритма [10]:

$$d_{11} = 1, \;\; d_{10} = -x_0, \; d_{kk} = d_{(k-1)(k-1)},$$

$$d_{k(k-\ell)} = d_{(k-1)(k-\ell-1)} - d_{(k-1)(k-\ell)} x_{k-1}, \ell \in \overline{1, k-1},$$

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

где $x_r = \begin{cases} r, & r < j; \\ r+1, & r \geq j; \end{cases}$ $r = 0, 1, \ldots, n-1$.

Здесь $k = 2, 3, \ldots, n$.

При $k = n$ восстановятся все искомые коэффициенты и преобразуемый полином примет вид алгебраического полинома с целочисленными коэффициентами:

$$\prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^{n} (t-r) = d_{nj}\, t^n + d_{n-1j}\, t^{n-1} + \ldots + d_{1j}\, t + d_{0j}.$$

Далее, приводятся подобные в (20), и полином Лагранжа примет вид

$$P_n(x) = \sum_{j=0}^{n} f(x_j)\,(d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \ldots + d_{nj}t^n)/($$

$$/\,(d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \ldots + d_{nj}j^n) \;\; ,$$

где $t = (x - x_0)h^{-1}$, или, при полном приведении подобных,

$$P_n(t) = \sum_{\ell=0}^{n} D_\ell\, t^\ell, \; t = (x - x_0)h^{-1}, \qquad (21)$$

где D_ℓ – числовые коэффициенты. В дальнейшем приближении $f(x) \approx P_n(t)$ выполняется с использованием (21), что влечет приближение производных:

$$f'(x) \approx P_n'(x) = h^{-1} P_n'(t) = h^{-1} \sum_{\ell=1}^{n} \ell\, D_\ell\, t^{\ell-1},$$

t из (21). Кусочная интерполяция основана на том, что весь отрезок интерполяции разбивается на подынтервалы равной длины

$$[a, b] = \bigcup_{i=0}^{p-1} [a_i, b_i], \;\; b_i - a_i = (b-a)p^{-1}, \; (22)$$

и описанное преобразование полинома Лагранжа (20), (21) выполняется на каждом в отдельности подынтервале $[a_i, b_i]$. В результате получится

$$f(x) \approx P_{in}(t), \; P_{in}(t) = \sum_{\ell=0}^{n} D_{i\ell}\, t^\ell,$$

$$x \in [a_i, b_i], \; t = (x - a_i)h_i^{-1}. \qquad (23)$$

Приближение первообразной на каждом подынтервале примет вид:

$$\int f(x)\,dx \approx \int P_{in}(t)\,dx + C_i, \text{ или,}$$

$$\int f(x)\,dx \approx h_i \sum_{\ell=0}^{n} D_{i\ell}/(\ell+1)t^{\ell+1} + C_i, \; C_i = \text{const}.$$

Для приближенного решения ОДУ кусочная интерполяция строится следующим образом. Пусть рассматривается задача Коши для уравнения вида

$$y' = f(x, y), \;\; y(x_0) = y_0, \qquad (24)$$

где функция $f(x, y)$ определена, непрерывна и удовлетворяет всем условиям существования и единственности на отрезке (22). На каждом подынтервале интерполируется правая часть (24) посредством полинома вида (23). С этой целью в $f(x, y)$ подставляется приближенное значение y, на начальном отрезке $y \approx y_0$. При фиксированных n и k на отрезке $[a_i, b_i]$, $i = 0$, затем, аналогично, при $i = 1, 2, \ldots$, выполняется итерационное уточнение, которое состоит в следующем. Пусть

$$P_{in}(t) = \sum_{\ell=0}^{n} D_{i\ell}\, t^\ell,$$

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

$$P_{(\text{int})i(n+1)}(x) = y_{0(i-1)} + h_i \int_0^{(x-a_i)h_i^{-1}} P_{in}(t)\; dt$$

равная $y_{0(i-1)} + h_i \sum_{\ell=0}^{n} D_{i\ell}/(\ell+1)((x-a_i)h_i^{-1})^{\ell+1}$

принимается за приближение решения:

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

Далее, полагается $f(x, y) \approx f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}(x))$, и при том же n, на том же отрезке строится интерполяционный полином вида (23) для приближения полученной функции:

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

От этого полинома снова берется первообразная с тем же значением константы

$$P^{(1)}_{(\mathrm{int})i(n+1)}(x) = y_{0(i-1)} + h_i \int_0^{(x-a_i)h_i^{-1}} P^{(1)}_{in}(t)\,dt\,,$$

подставляется в правую часть,

$$f(x,y) \approx f(x, P^{(1)}_{(\mathrm{int})i(n+1)}(x))\,,$$

которая затем интерполируется аналогично:

$$P^{(2)}_{in}(t) \approx f(x, P^{(1)}_{(\mathrm{int})i(n+1)}(x))\,.$$

Фактически итерации

$$P^{(\ell)}_{in}(t) \approx f(x, P^{(\ell-1)}_{(\mathrm{int})\,i\,(n+1)}(x))\,,$$

$$t = (x-a_i)h_i^{-1}\,,$$

$$P^{(\ell)}_{(\mathrm{int})i(n+1)}(x) = y_{0(i-1)} + h_i \int_0^{(x-a_i)h_i^{-1}} P^{(\ell)}_{in}(t)\,dt\,,$$

$$\ell = 1, 2, \ldots$$

продолжаются до заданной границы $\ell \le q = \mathrm{const}$. Выше предполагалось, что за значение $y_{0(i-1)}$ принято $P^{(q)}_{(\mathrm{int})i\,(n+1)}(b_{i-1})$. По окончании итераций на $[a_i, b_i]$ выполняется переход к $[a_{i+1}, b_{i+1}]$, где за значение y_{0i} принимается $P^{(q)}_{(\mathrm{int})\,i\,(n+1)}(b_i)$. Таким способом проходится весь отрезок $[a, b]$ из (22). Для иллюстрации метода ниже приводится программная реализация (здесь и ниже Delphi) решения задачи $y' = \cos(t+y)$, $y(0) = 0$, (аналитическое решение $y = -t + 2\,arctg\,t$):

```
ProgramRD_Lag999_dn_N2; {$APPTYPECONSOLE}usesSysUtils, Math;
var kiter,koutput:integer; Npol:byte;tt:longint;Anach,Bkonech,velint,ynach:extended;
function f(x,y: extended):extended; begin f:=cos(x+y) end;
function fun(x:extended):extended; begin fun:=-x+2*arctan(x) end;
procedureRD(y_nach,A_nach,B_konech,vel_int:extended;n:byte;k_iter,k_output:integer;tt_:longint);
const nn=11;type vect=array[-3..nn] of extended; matr=array[0..nn,0..nn] of extended; matr_
d=array[0..nn] of matr;
var xx,yy,CC:vect; g:matr; dd,ddint:matr_d; t,a0,b0,h,x,y0,s1:extended; i,r,j,l:integer; kk,m:longint;
procedure podgotovka; var i,j,n:integer; z,d,dint: matr;
procedure ro(n1,j:integer; z:matr; var d:matr); var e:matr; l,k:integer;
begin e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k :=2 to n1 do begin e[k,k]:=e[k-1,k-1];
for l :=1 to k-1 do e[k,k-l]:=e[k-1,k-l-1]-e[k-1,k-l]*z[j,k-1]; e[k,0]:=-e[k-1,0]*z[j,k-1]; end;
for l:=n1 downto 0 do d[j,l]:= e[n1,l]; end;
function gorner1(n,j:integer;Mcoef:matr):extended; var s:extended; i:integer;
begin s:=Mcoef[j,n]; for i:=n-1 downto 0 do s:=s*j+Mcoef[j,i]; gorner1:=s;end;
begin for j:=0 to nn do for i:=0 to nn-1 do if i<j then z[j,i]:=i else z[j,i]:=i+1;
for n:=1 to nn do for j:=0 to n do ro(n,j,z,dd[n]); for n:=1 to nn do for j:=0 to n do g[n,j]:=
gorner1(n,j,dd[n]) end;
function gorner (Mcoef: vect; x:extended):extended; var s,t:extended; i,n:byte;
begin t:=(x-Mcoef[-1])/Mcoef[-2]; n:=trunc(Mcoef[-3]); s:=Mcoef[n];
for i:=n-1 downto 0 do s:=s*t+Mcoef[i]; gorner:=s; end;
procedure Polynomial(x:vect;h,y0:extended;n,K_it:integer; var C:vect); var i,j,r,iter:integer;
sk,t:extended; fy,y,dn:vect;
begin y[0]:=y0; for r:=1 to n do y[r]:=y0; for iter:=1 to K_it do begin for r:=0 to n do fy[r]:=f(x[r],y[r]);
for i:=0 to n do begin sk:=0; for j:=0 to n do sk:=sk+fy[j]*dd[n][j,i]/g[n,j]; dn[i]:=sk; end;
C[0]:=y[0]; C[-1]:=x[0]; C[-2]:=h; C[-3]:=n+1;
for i:=1 to n+1 do C[i]:=dn[i-1]*h/i; for i:=1 to n do y[i]:=gorner(C,x[i]); end; end;
beginpodgotovka; writeln('x':4,'y':15,'Pogr':25); writeln; a0:=A_nach; b0:=a0+vel_int; y0:=y_
nach;xx[0]:=a0; kk:=0;
while a0 <= B_konech-vel_int/2 do begin h:=(b0-a0)/n; for i:=1 to n+1 do xx[i]:=a0+i*h;
Polynomial(xx,h,y0,n,k_iter,CC); kk:=kk+1;if kk=tt_ then begin for l:=1 to k_output do begin
x:=a0+l*(b0-a0)/k_output; writeln(x:7:6,' ', gorner(CC,x),' ',abs(gorner(CC,x)-fun(x))); end;
writeln; kk:=0; end;
y0:=gorner(CC,xx[n]); xx[0]:=xx[n]; a0:=a0+vel_int; b0:=a0+vel_int; end; end;
Begin Anach:=0; Bkonech:=512; ynach:=0; velint:=0.02; Npol:=5; kiter:=10; tt:=256; koutput:=1;
RD(ynach,Anach,Bkonech,velint,Npol,kiter,koutput,tt); readln; end.
```

Результат работы программы на отрезке [a, b] = [0, 512], (Δy – абсолютная погрешность):

t	y	Δy
5.12	-2.36417597092616E+0000	0.0E+0000
10.24	-7.29310249338465E+0000	8.7E-0019
……	……	……
256.00	-2.52866219806674E+0002	2.8E-0017
261.12	-2.57986066622692E+0002	1.9E-0016
……	……	……
506.88	-5.03742353048362E+0002	3.9E-0016
512.00	-5.08862313591443E+0002	6.1E-0016

Здесь n = 5, где $b_i - a_i = 0.02$, k = 0, q = 10, где q – число итераций. Результаты близки, хотя несколько уступают в точности результатам кусочной интерполяции на основе полинома Ньютона, те и другие реализуются с меньшей абсолютной погрешностью решения задачи Коши, чем известные разностные методы [10].

Одна из целей излагаемой работы – показать, что кусочно-интерполяционный метод на основе представленных выше критериев позволяет эффективно и достоверно определять устойчивость по ходу решения ОДУ.

О параметрах численного эксперимента по сравнению приближенных методов при моделировании устойчивости решения ОДУ. В процессе программной реализации все разностные методы применяются с одним и тем же равномерным шагом $h = \text{const}$, при этом формально нарушается условие 4, согласно которому шаг должен стремиться к нулю на каждом отрезке приближенного решения. В частности, это нарушение относится к линейным системам с постоянными коэффициентами, устойчивость которых анализируется на основе критериев (10), (11). В последнем случае возникает парадокс: заложенное в критерий видоизменение метода Эйлера позволяет достигать точки независимой переменной порядка 10^9 с достоверной оценкой устойчивости, что на практике не улучшается никакими другими методами. Это объясняется сокращением количества вычислительных операций в (10), (11) до логарифмического от исходного числа операций разностных методов. В результате ограничивается накопление погрешности и повышается достоверность оценки устойчивости.

Численное моделирование устойчивости линейной системы с постоянной матрицей коэффициентов. Применение критериев (10), (11) иллюстрируется на примере оценки устойчивости системы

$$y_1' = y_2, \; y_2' = -y_1, \tag{25}$$

или

$$Y' = AY, \tag{26}$$

где $A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$.

Программа, реализующая (10), (11) примет вид

```
Program USTlinconstDU2222; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const n=2; h=1.1e-14;
type matr=array[1..n,1..n] of extended; vect=array[1..n] of extended;
const A: matr= (( 0, 1),
                (-1, 0));
{ (( -10, -5),
   (5, -10)); }
{ ((3, -1, 1),
   (-1, 5,-1),
   (1, -1, 3)); }
var a1,c: matr; s0,s1,x: extended; i,j,l,k: integer;
procedure ummatr (var a1,c: matr);
var s1: extended; i,j,l : integer;
begin for i := 1 to n do for j := 1 to n do
begin s1:=0; for l:= 1 to n do s1:= s1+a1[i,l]*a1[l,j]; c[i,j]:= s1
end; end;
begin for i:=1 to n do for j:=1 to n do
begin a1[i,j]:=a[i,j]*h; if i=j then a1[i,j]:=a1[i,j]+1 end;
k:=0; while abs(x) <= 0.83e9 do begin
ummatr (a1,c); k:=k+1; x:=h*exp((k+1)*ln(2));
for i:=1 to n do for j:=1 to n do a1[i,j]:=c[i,j]; s0:=0; for i:=1 to n do
for j:=1 to n do s0:=s0+sqr(a1[i,j]); s0:= sqrt(s0); write (‘ ‘:2, s0:2,’ ‘:8); end; writeln;
writeln; writeln (‘ ‘:2, ‘h =’,h,’ ‘); writeln (‘ ‘:2, ‘k=’,k,’ ‘);writeln (‘ ‘:2, ‘x=’,x:2,’ ‘); readln
end.
```

Результат работы программы:

```
1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000
1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000
……..
1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000
1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000
```

h = 1.10000000000000E-0014
k =75
x = 8.3E+0008

С шагом $h = 1.1\times10^{-14}$ выполнено 75 итераций, достигнуто значение $x = 8.3\times10^{8}$, и на всем этом отрезке округленное значение эвклидовой нормы матрицы $(E + h\,A)^{2^k}$ при каждом значении k не превосходит значения 1.4. Согласно (10) это указывает на неасимптотическую устойчивость системы. В процессе анализа системы вида (26) можно получить дополнительное подтверждение устойчивости следующим образом. Начиная от $x = 10^9$ можно приближенно решить систему, например, методом Эйлера при любых начальных значениях с ненулевыми компонентами. Отрезок решения можно взять сравнительно небольшой: $x \in [10^9, 10^9 + 1500]$ или $x \in [10^9, 10^9 + 3000]$. Если на этих отрезках решение сохранит ограниченность, то с учетом результатов работы программы USTlinconstDU2222, с высокой степенью вероятности решение устойчиво. Соответственно устойчива вся система (26) [11]. Так, в случае системы (25), при начальных значениях $y_1 = 2$, $y_2 = 2$, с шагом $h = 1.1\times10^{-4}$, метод Эйлера покажет ограниченность компонентов значениями $y_1 \le 2.8$, $y_2 \le 2.8$. Примеры анализа с помощью критериев (10), (11) устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости для различных матриц более высокой размерности приводятся в [7]. Примеры, непосредственно доступные в данной программе, закомментированы в разделе описания констант и обсуждаются ниже.

В общем случае, для подтверждения устойчивости, оцениваемой по критериям (10), (11), можно дополнительно проверить ограниченность решения на отрезке, левая граница которого является произвольно большим числом. Начальные значения с ненулевыми компонентами можно задать произвольно, длину проверочного отрезка можно произвольно увеличить. Если приближенное решение ограничено, то система устойчива [11].

Если согласно (11) система асимптотически устойчива, то программная реализация этого критерия будет иметь результатом неограниченно убывающее значение нормы. Так, по той же программе Program USTlinconstDU2222 в случае матрицы $A = \begin{pmatrix} -10 & -5 \\ 5 & -10 \end{pmatrix}$ системы (26) получится

```
1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000
……..
1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000  1.4E+0000
1.4E+0000  1.4E+0000  1.3E+0000  1.3E+0000  1.1E+0000  8.7E-0001  5.4E-0001
2.0E-0001  2.9E-0002  6.1E-0004  2.7E-0007  5.1E-0014  1.8E-0027  2.3E-0054
3.8E-0108  1.0E-0215  7.2E-0431  3.6E-0861  9.3E-1722  0.0E+0000  0.0E+0000
……
0.0E+0000  0.0E+0000  0.0E+0000  0.0E+0000
```

h = 1.10000000000000E-0014
k = 75
x = 8.3E+0008

Если же система (26) неустойчива, то программа обнаружит неограниченный рост нормы, что может повлечь переполнение. Чтобы увидеть характер роста нормы, следует сократить отрезок приближения до длины, например, 3000. Так, для матрицы $A = \begin{pmatrix} 3 & -1 & 1 \\ -1 & 5 & -1 \\ 1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$

системы (26) та же программа (при n = 3) выдаст переполнение. Однако при сокращении отрезка решения путем замены оператора while abs(x) <= 0.83e9 do на оператор while abs(x) <= 0.83e3 do программа выдаст результат с характерным ростом нормы:

```
1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000
1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000
…………………………………………………………………………………………………………………………………………
1.7E+0000  1.7E+0000  1.7E+0000  1.8E+0000  1.8E+0000  1.8E+0000  1.9E+0000
2.1E+0000  2.5E+0000  3.9E+0000  1.0E+0001  1.0E+0002  1.0E+0004  1.1E+0008
1.3E+0016  1.9E+0032  3.5E+0064  1.2E+0129  1.5E+0258  2.3E+0516  5.1E+1032
2.6E+2065

    h = 1.10000000000000E-0014
    k = 56
    x = 1.6E+0003
```

Необходимо отметить, что длина отрезка, на котором выполняется описанное моделирование устойчивости системы вида (26), сокращается с ростом размерности системы, соответствующие данные приводятся в [7].

Численное моделирование устойчивости линейной системы с переменной матрицей коэффициентов. В случае задачи (4) с переменной матрицей $A(t)$ большой длины отрезка приближенного решения достигнуть затруднительно, поскольку применение критериев (5), (6) исключает пропуск промежуточных шагов (как это имело место в случае применения (10), (11)). Критерий реализуется непосредственно как частичное произведение

$$\prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell})).$$

Если выбрать малый шаг разностного метода, существенно возрастет время решения, при увеличении шага накапливается погрешность. То и другое препятствует выбору отрезка моделирования большой длины. Так, если для анализа устойчивости системы

$$y_1' = y_1 \sin t + y_2 \cos t,\ \ y_2' = -y_1 \cos t + y_2 \sin t \quad (27)$$

выбрать шаг $h = 10^{-4}$, то результат применения критериев (5), (6) (за время ≈24 сек) можно увидеть на отрезке $[0,\ 10^4]$ (округленная норма дана в конце каждого отрезка длины 100):

```
1.6E+0000 2.4E+0000 3.8E+0000 6.5E+0000 8.8E+0000 7.7E+0000 8.6E+0000 6.0E+0000 3.5E+0000
2.2E+0000 1.5E+0000 1.1E+0000 1.7E+0000 2.5E+0000 4.2E+0000 7.0E+0000 8.9E+0000 8.2E+0000
……………………………………………………………………………………………………………………………………...
3.5E+0000 2.2E+0000 1.5E+0000 1.1E+0000 1.7E+0000 2.5E+0000 4.2E+0000 7.0E+0000 8.9E+0000
8.2E+0000 8.3E+0000 5.5E+0000 3.2E+0000 2.0E+0000 1.4E+0000 1.2E+0000 1.8E+0000 2.7E+0000
4.6E+0000 7.5E+0000 8.8E+0000
```

В этом случае

$$\left\| \prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell})) \right\| \le 8.9 \ \ \forall\ t \in [0,\ 10^4],$$

что согласно (5) указывает на устойчивость (в границах данного приближения к асимптотике). Аналогично, для системы

$$y_1' = -y_1 + y_2 \frac{1}{1+t^2},\ \ y_2' = -y_1 \frac{1}{1+t^2} - y_2$$

получится

```
3.7E-0044 1.4E-0087 5.1E-0131 1.9E-0174 7.0E-0218 2.6E-0261 9.5E-0305 3.5E-0348 1.3E-0391
…………………………………………………………………………………………………………………………
2.0E-3996 7.2E-4040 2.7E-4083 9.9E-4127 3.7E-4170 1.4E-4213 5.0E-4257 1.9E-4300 6.9E-4344
```

В этом случае в численном приближении выполняется

$$\left\| \prod_{\ell=0}^{i} (E + h\,A(t_{i-\ell})) \right\| \to 0, \quad t \to \infty,$$

что согласно (6) указывает на асимптотическую устойчивость (в границах приближения к асимптотике).

В случае линейных систем вида (4) целесообразно применить прием дополнительной проверки «асимптотического» поведения решения на произвольно удаленном отрезке, как это описано выше для систем вида (26).

Численное моделирование устойчивости нелинейной системы

Вначале численные эксперименты выполнены на отрезке $[0,\ 10^4]$ или на промежутке длины $\approx 10^4$, величина возмущения начальных значений всегда полагается равной 10^{-5}. Как отмечалось, при использовании разностных методов принят одинаковый шаг $h = 10^{-4}$. Метод кусочно-интерполяционного приближения с итерационным уточнением применяется с фиксированными значениями n и k, указываемыми для каждой задачи, первоначально, $n = 2$, $k = 5$.

Прежде чем выполнять сравнение методов, необходимо оговорить особенность критериев (14), (15) и (16), (17). Именно лемма 1, теорема 2 и следствие 3 предполагают наличие достаточно малой окрестности возмущения начальных значений (это не требовалось в линейном случае). В то же время при каждом численном приближении задается одно и только одно начальное значение. Пусть, например, требуется исследовать на устойчивость нулевое решение системы

$$v_k' = -k\rho t^{\beta} v_k + t^{-2} v_k \cos^2(v_k v_r)\, e^{\sin^3\left(v_k^3 v_r^2 \left(\sum_{\ell=0}^{p} a_\ell t^\ell \sum_{\ell=0}^{q} b_\ell v_r^\ell\right)\right)},$$

$$v_r' = -r\,(1 + \sin^6(v_k^3 + v_r^3))\, v_r t^{\beta},$$

$$k \in \overline{1,n},\ \forall r \in \overline{1,n},\ r \neq k, \qquad (28)$$

где $0 < t_0$, $v_k(t_0) = v_{k0}$, $k \in \overline{1,n}$, $0 < \rho$, $-1 < \beta < 0$; $0 \le p$, $0 \le q$; a_ℓ, b_i – вещественные числа $\forall \ell \in \overline{0,p}$, $\forall i \in \overline{0,q}$ для значений $n = 2$, $t_0 = 0.5$, $\beta = -0.5$, $\rho = 0.5$, $p = 3$, $q = 3$, $a_\ell = 1$, $b_\ell = 1$, $\ell = 0,1,2$. На основе (16), (17), $z_k = v_k(t)/v_k(t_0)$, приводимая ниже программа, $v_k(t_0) = 10^{-5}$, $k = 1,2$, $t \in [0, 4000]$, метод Эйлера, $h = 10^{-4}$, даст соответственный признак.

```
program USTnelinPRIMERBULANOV;{$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const h = 0.0001; tt=100000; var x,y1,y2,y10,y20,z1,z2,eps1,eps2: extended; k: longint;
function f1(x,y1,y2:extended):extended;
begin f1:=-1/2*y1/sqrt(x)+1/sqr(x)*y1*sqr(cos(y1*y2))*
exp(sin(sqr(y1)*y1*sqr(y2)*(1+x+sqr(x)+x*sqr(x))*(1+y2+sqr(y2)+sqr(y2)*y2))*
sqr(sin(sqr(y1)*y1*sqr(y2)*(1+x+sqr(x)+x*sqr(x))*(1+y2+sqr(y2)+sqr(y2)*y2)))) end;
function f2(x,y1,y2:extended):extended;
begin f2:=- 2/sqrt(x)*y2*(1+ sqr(sqr(sin(sqr(y1)*y1+sqr(y2)*y2)))*
sqr(sin(sqr(y1)*y1+sqr(y2)*y2))) end;
begin
k := 0; eps1:=0.00001{e-10}{e-1}{*10}{*2}; eps2:=0.00001{e-10}{e-1}{*10}{*2};
y1:= 0.0; y10 := y1+{-}eps1; y2 :=0.0; y20 := y2+{-}eps2; x:=0.5; while x <=10000 do
begin
  y10 := y10 + h * f1(x,y10,y20); y20 := y20 + h * f2(x,y10,y20);
  z1:=abs(y10/eps1); z2:=abs(y20/eps2); k:=k+1; if k = tt then
begin writeln ('x=',x:4,' '); writeln ('z1=',z1:4,' ','z2=',z2:4,' ','norma=',sqrt(sqr(z1)+sqr(z2))
:4);
k:=0 end; x:=x+h; end; readln
end.
```

Результат работы программы:

```
x= 1.0E+0001   z1= 5.3E-0001   z2= 4.0E-0005   norma= 5.3E-0001
x= 2.0E+0001   z1= 1.5E-0001   z2= 2.3E-0007   norma= 1.5E-0001
……................................................................
x= 5.5E+0002   z1= 1.2E-0009   z2= 6.9E-0040   norma= 1.2E-0009
x= 5.5E+0002   z1= 9.7E-0010   z2= 2.9E-0040   norma= 9.7E-0010
……................................................................
x= 3.1E+0003   z1= 1.2E-0023   z2= 9.3E-0096   norma= 1.3E-0023
x= 3.1E+0003   z1= 1.1E-0023   z2= 6.5E-0096   norma= 1.2E-0023
……................................................................
x= 1.0E+0004   z1= 6.1E-0043   z2= 4.8E-0173   norma= 6.1E-0043
x= 1.0E+0004   z1= 5.8E-0043   z2= 3.9E-0173   norma= 5.8E-0043
```

Эвклидова норма отношения $z_k = v_k(t)/v_k(t_0)$, $k = 1,2$ убывает до 5.8×10^{-43}, что согласно (17) указывает на асимптотическую устойчивость нулевого решения. Формально такое поведение нормы должно выполняться в некоторой окрестности нулевых начальных значений, а не только при одном из них. Поэтому на практике требуется повторить выполнение программы при других достаточно малых начальных значениях, чтобы проверить достоверность вывода об асимптотической устойчивости. В программе закомментированы различные возмущения начальных значений, в том числе со сменой знака возмущения, при которых приведенные данные повторяются с точностью до коэффициента. В результате на основании численного эксперимента можно сделать достаточно достоверный вывод об асимптотической устойчивости нулевого решения. Формальная проверка в различных точках Δ-окрестности начального вектора необходима для компьютерного анализа только в случае нелинейной системы. С целью минимизации временной сложности анализ можно выполнять на параллельной вычислительной системе одновременно по всем проверочным начальным значениям и по всем уравнениям системы.

Тот факт, что проверка по одному начальному значению дает одинаковый результат с проверкой по нескольким начальным значениям из достаточно малой окрестности возмущения начального вектора отвечает непрерывной зависимости решения от начальных значений. Однако непрерывная зависимость численно моделируется на конечном отрезке решения, поэтому проверка по нескольким начальным значениям не только необходима сама по себе, но ее следует выполнять на отрезках решения различной длины.

Непосредственно для сравнения методов будет использоваться только один вектор начальных значений. Для разностных методов условия сравнения будут одинаковы в соответствии указанным выше параметрам.

Пусть требуется выполнить анализ устойчивости нулевого решения системы (27). Результаты численного моделирования и время работы каждого метода на основе критерия (16) приводятся в табл. 1. В первом столбце таблицы указано значение независимой переменной. Во втором – округленное значение нормы критерия (16), вычисленное на основе решения системы по методу Эйлера, в третьем – на основе решения по методу Рунге – Кутты 4-го порядка, в четвертом – на основе метода Батчера 6-го порядка, в пятом – на основе метода Дормана – Принса 8-го порядка. В шестом столбце таблицы – значение нормы критерия (16), вычисленное на основе решения системы (27) с помощью кусочно-интерполяционного метода с интерполяцией по Лагранжу при значениях параметров n = 2 (степень интерполяционного полинома на подынтервале), k = 5 (2^k подынтервалов на каждом отрезке $[a_i, b_i]$ приближенного решения системы длиной $\nabla = b_i - a_i = 1$). Внизу приводится время работы программы.

Все методы указывают на неасимптотическую устойчивость системы (27), при этом чуть менее точен в оценке метод Эйлера. Кусочно-интерполяционный метод в данном случае оказывается наиболее быстродействующим: он в 8 раз быстрее метода Эйлера, в 34 раза быстрее метода Рунге – Кутты, в 62 раза быстрее метода Батчера и в 113 раз быстрее метода Дормана – Принса, не уступая трем последним в точности.

Таблица 1

Результаты численного моделирования устойчивости системы (27) на основе критерия (16)

1	2	3	4	5	6
1000	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
2000	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
3000	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6
4000	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
5000	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
6000	1. 6	1.5	1.5	1.5	1.5
7000	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
8000	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
9000	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
10000	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8
Время выполнения	17 с	1 мин 8 с	2 мин 4 с	3 мин 47 с	2 с

Таблица 2

Результаты численного моделирования устойчивости решения системы (29) на основе критерия (14)

1	2	3	4	5	6
1000	7.5 E+0005	7.5 E+0005	7.5 E+0005	7.5 E+0005	7.5 E+0005
2000	3.0 E+0006	3.0 E+0006	3.0 E+0006	3.0 E+0006	3.0 E+0006
…	…	…	…	…	…
9000	6.1 E+0007	6.1 E+0007	6.1 E+0007	6.1 E+0007	6.1 E+0007
10000	7.5 E+0007	7.5 E+0007	7.5 E+0007	7.5 E+0007	7.5 E+0007
Время выполнения	10 с	29 с	1 мин 20 с	2 мин 25 с	2 с

Таблица 3

Результаты численного моделирования устойчивости нулевого решения системы (30) на основе критерия (16)

1	2	3	4	5	6
1000	1.0 E+0003	1.0 E+0003	1.0 E+0003	1.0 E+0003	1.0 E+0003
2000	2.0 E+0003	2.0 E+0003	2.0 E+0003	2.0 E+0003	2.0 E+0003
…	…	…	…	…	…
9000	9.0 E+0003	9.0 E+0003	9.0 E+0003	9.0 E+0003	9.0 E+0003
10000	1.0 E+0004	1.0 E+0004	1.0 E+0004	1.0 E+0004	1.0 E+0004
Время выполнения	5 с	14 с	34 с	1 мин 6 с	1 с

Пусть требуется выполнить анализ устойчивости решения задачи

$$y_1' = t + 2y_1 / t - \sqrt{y_2}, \quad y_2' = 2\sqrt{y_2}\ ,$$

$$y_1(1) = 2,\ y_2(1) = 4. \qquad (29)$$

Численное моделирование выполняется при тех же значениях длины отрезка, шага и величины возмущения, что и в случае системы (27).

Каждый столбец табл. 2, начиная со второго, содержит построчно совпадающие значения нормы критерия (16). В частности, второй из них содержит значения (сверху вниз): 7.5 E+0005, 3.0 E+0006, 6.8 E+0006, 1.2E+0007,1.9E+0007,2.7E+0007,3.7E+0007, 4.8 E+0007, 6.1 E+0007, 7.5 E+0007. Методы одинаково указывают на неустойчивость решения задачи (29), что соответствует виду общего решения [9]. Кусочно-интерполяционный метод при данных параметрах в 5 раз быстрее метода Эйлера, почти в 15 раз быстрее метода Рунге – Кутты, в 40 раз быстрее метода Батчера и в 72 раза быстрее метода Дормана – Принса.

Пусть требуется выполнить анализ устойчивости нулевого решения задачи Коши

$$\frac{d\,y_1}{d\,t} = \frac{y_1}{t} - t^2 y_1 y_2^{\,2},\ \frac{d\,y_2}{d\,t} = -\frac{y_2}{t}\ ,$$

$$t_0 = 1,\ y_1(t_0) = 0,\ y_2(t_0) = 0\,. \qquad (30)$$

Результаты анализа приводятся в табл. 3, все численные методы взяты с теми же параметрами, которые использовались при построении табл. 2.

Каждый столбец табл. 3, начиная со второго, содержит одинаковые значения нормы критерия (16). В частности, второй из них содержит значения (сверху вниз): 1.0 E+0003, 2.0 E+0003, 3.0 E+0003, 4.0 E+0003, 5.0 E+0003, 6.0 E+0003, 7.0 E+0003, 8.0 E+0003, 9.0 E+0003, 1.0 E+0004. Методы одинаково указывают на неустойчивость нулевого решения задачи (30), что соответствует аналитической оценке, данной в [11]. Кусочно-интерполяционный метод в этом случае в 5 раз быстрее метода Эйлера, в 14 раз быстрее метода Рунге – Кутты, в 34 раза быстрее метода Батчера, в 66 раз быстрее метода Дормана – Принса.

Замечание 1. Задача (30) дана в [11] как пример того, что решение стремится к нулю, но неустойчиво. В этом случае

$$\lim_{t\to\infty} \left|\ y_k(t)\ /\ y_{k0}\ \right| = 0,\ \forall\, y_{k0} = \text{const},\ k = 1, 2\,,$$

и формально неустойчивость может обнаруживаться только на множестве точек Δ-окрестности, в которой должно выполняться (16). Поэтому, несмотря на рост нормы в табл. 3, более полное исследование должно выявить аналогичный рост не для одного вектора начальных значений, а для конечного множества начальных век-

торов из Δ-окрестности нулевого начального вектора, причем на отрезках $[t_0, T]$ произвольной длины. Экспериментально искомое множество начальных значений извлекается как конечная подпоследовательность соотношения $y_{k0\ell} \to 0$, $\ell \to \infty$, при этом достаточно выбирать только монотонно убывающие начальные значения.

Замечание 2. Приведенные данные не означают, что кусочно-интерполяционный метод во всех случаях превосходит по быстродействию все разностные методы. Сравнение относится только к данной в таблицах выборке шага и других параметров. При иных выборках это может оказаться не так, в частности, для методов с большим шагом, например, $h = 10^{-1}$, те же разностные методы окажутся более быстрыми, чем кусочно-интерполяционный.

Проводился сравнительно обширный численный эксперимент, который показал, что данные табл. 1–3 не случайны. Как правило, во всех рассматривавшихся случаях все численные методы, представленные в этих таблицах, показывали совпадающие значения норм при равных параметрах для одинаковой системы на отрезках приближенного решения равной длины. По крайней мере, такая статистика сохранялась для систем из двух уравнений. Нарушения этой закономерности встречались скорее как исключения. Так, в частности, для линейной системы из шести уравнений

$$y_1' = y_2,\ y_2' = y_3,\ y_3' = y_4,\ y_4' = y_5,\ y_5' = y_6,$$

$$y_6' = -4y_1 - 16y_2 - 25y_3 - 20y_4 - 10y_5 - 4y_6,$$

на $[0, 10^6]$ с помощью метода Эйлера ($h = 10^{-4}$) получались значения норм (16), (17):

$$t = 10^5,\ \left\| \{ y_k(t) \ / \ y_{k0} \}_1^6 \right\| = 1.1 \times 10^{10};$$

$$t = 2 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 5.1 \times 10^{18};$$

$$t = 3 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 2.4 \times 10^{27}; \ldots;$$

$$t = 9 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 2.3 \times 10^{79};$$

$$t = 10^6,\ \| \cdots \| = 1.0 \times 10^{88}$$

(время выполнения программы 18 мин. 48 сек.). Аналогичный, но менее бурный рост нормы метод Эйлера проявлял и при $h = 10^{-5}$:

$$t = 10^5,\ \left\| \{ y_k(t) \ / \ y_{k0} \}_1^6 \right\| = 163.872;$$

$$t = 2 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 1185.530;$$

$$t = 3 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 8528.005;$$

$$t = 9 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 1.022 \times 10^9;$$

$$t = 10^6,\ \| \cdots \| = 6.947 \times 10^9.$$

Такой рост нормы противоречит показанной в [12] неасимптотической устойчивости рассматриваемой линейной системы. В то же время кусочно-интерполяционный метод с итерационным уточнением ($n = 2$, $b_i - a_i = 1$, $k = 5$, $q = 10$) на $[0, 10^6]$ давал правильный результат с ограниченной нормой, который в соответствии критериям (16), (17), указывал на неасимптотическую устойчивость данной системы:

$$t = 10^5,\ \left\| \{ y_k(t) \ / \ y_{k0} \}_1^6 \right\| = 22.2;$$

$$t = 2 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 21.7;$$

$$t = 3 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 21.0; \ldots;$$

$$t = 9 \times 10^5,\ \| \cdots \| = 14.9;$$

$$t = 10^6,\ \| \cdots \| = 13.6$$

(время выполнения программы 4 мин 6 с). Правильные границы нормы предложенный метод сохранял и на отрезке $[0, 10^7]$, аналогичные границы получались, в частности, при $n = 8$, $b_i - a_i = 1$, $k = 5$, $q = 10$.

Метод Рунге – Кутты для этой системы при $h = 10^{-3}$ давал правильные границы нормы, но за время вдвое большее, чем кусочно-интерполяционный метод. На отрезках меньшей длины все разностные методы приводили к правильным оценкам устойчивости, метод Эйлера для рассматриваемой системы на [0,1500] показывал именно неасимптотическую устойчивость [7]. С ростом длины отрезка разностные методы могут накапливать погрешность, которая приводит к неадекватной оценке устойчивости на их основе.

С одной стороны, кусочно-интерполяционный метод с итерационным уточнением (без автоматического выбора параметров) на приведенных выше эвристических примерах превосходит разностные методы по точности решения задачи Коши и обладает меньшей временной сложностью, в том числе на отрезках приближения сравнительно большой длины. С другой стороны, этот метод инвариантно дает правильное значение нормы в соответствии с критериями (14)–(17) и может рассматриваться в качестве предпочтительного метода компьютерного анализа устойчивости в реальном времени по ходу решения системы ОДУ. Представленный метод построен на основе интерполяционного полинома Лагранжа. Согласно численному эксперименту его прототип [9, 10], кусочно-интерполяционный метод, построенный на основе интерполяционного полинома Ньютона, является столь же быстродействующим, а по точности иногда выше примерно на один десятич-

ный порядок, поэтому в рассматриваемом применении прототип может оказаться более предпочтительным, чем аналог на основе полинома Лагранжа. Тем не менее практический выбор определяется классом задач, на которых равная точность может достигаться с меньшей степенью полинома Лагранжа. В частности, в табл. 1–3 степень полинома $n = 2$, что и определило быстродействие метода.

Моделирование устойчивости на основе знаков решения и двух его производных

Здесь рассматривается программная реализация достаточных условий устойчивости и неустойчивости из предложений 1–4 и теорем 3–6. Алгоритмизация и программирование критериев вначале поясняются на простом примере. Пусть исследуется на устойчивость линейное уравнение

$$y' = -2\,t\,y\,. \qquad (31)$$

Первую производную решения задает функция правой части. Вторая – универсально получается из формулы, приведенной при рассмотрении системы (18), где она записывалась в виде

$$\frac{du_k}{dt} = \sum_{\ell=1}^{n} \frac{\partial u_k}{\partial v_\ell} \frac{dv_\ell}{dt}\,.$$

В случае уравнения (31) y'' можно найти непосредственным дифференцированием правой части. Получится $y'' = -2(y + ty')$, с учетом (31) $y'' = -2(y + t(-2ty))$, или $y'' = 2y(2t^2 - 1)$. Остается наряду с приближенным решением y выводить приближение первой производной $-2ty$ и приближение второй производной $2y(2t^2 - 1)$. В данном примере можно не прибегать к программной реализации: очевидно, что y противоположно по знаку $-2ty$ и совпадает по знаку с $2y(2t^2 - 1)$ для всех $t > \sqrt{0.5}$. По теореме 5 это означает асимптотическую устойчивость линейного уравнения (31). Оценка соответствует общему решению $y = c\,e^{-t^2}$, где c – произвольная постоянная. Для иллюстрации общего случая приводится программа и результат ее работы. Вследствие линейности уравнения достаточно проверить одно любое решение с ненулевым начальным значением [7, 11].

```
program USTnelinznaki;{$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const h = 0.0001; tt=1000000; var x,y,eps: extended; k: longint;
function f(x,y:extended):extended;
begin f:=-2*x*y; end;
function f1(x,y:extended):extended;
begin f1:=2*y*(2*sqr(x)-1); end;
begin
k := 0; eps:=0.00005; y:= eps; x:=0; while x <=10000 do begin
y:= y+h * f(x,y); k:=k+1; if k = tt then begin
writeln('x=',x:4,' ');writeln; writeln(' ','norma=',abs(y/eps));writeln;
writeln('y=',y:4,' ','f=',f(x,y):4,' ','f1=',f1(x,y):4); writeln; k:=0 end; x:=x+h; end; readln
end.
```

Результат работы программы:

```
x= 1.0E+0002 norma= 6.5E-4373 y= 3.3E-4377   f=-6.5E-4375  f1= 1.3E-4372
x= 2.0E+0002 norma= 8.7E-4946 y= 4.4E-4950   f=-1.7E-4947  f1= 7.0E-4945
…………………………………………………………………………………………………………………………
x= 8.0E+0002 norma= 2.2E-4946 y= 1.0E-4950   f=-1.7E-4947  f1= 2.8E-4944
x= 9.0E+0002 norma= 1.5E-4946 y= 7.3E-4951   f=-1.3E-4947  f1= 2.4E-4944
……………………………………………………………………………………………………………………
x= 2.4E+0003 norma= 7. 3E-4947 y= 3.6E-4951  f=-1.7E-4947  f1= 8.4E-4944
x= 2.5E+0003 norma= 0.0E+0000 y= 0.0E+0000 f=-0.0E+0000 f1= 0.0E+0000
……..
x= 9.9E+0003 norma= 0.0E+0000 y= 0.0E+0000 f=-0.0E+0000 f1= 0.0E+0000
x= 1.0E+0004 norma= 0.0E+0000 y= 0.0E+0000 f=-0.0E+0000 f1= 0.0E+0000
```

После значения независимой переменной выводится норма (в данном случае – модуль) в соответствии с критериями (16), (17), она убывает до нуля, что указывает на асимптотическую устойчивость уравнения. Вместе с тем знаки y, f, f1 чередуются как +, -, +, что по теореме 5 также указывает на асимптотическую устойчивость.

Замечание 3. В [7] предложения 1–4 и теоремы 3–6 доказаны для случая

автономной системы, там же приводятся рассуждения, показывающие, что эти критерии и их доказательства переносятся на случай системы (28). Повторение этих рассуждений влечет применимость рассмотренных критериев также и для уравнения (31).

В случае системы (28) вывод приближенных значений компонентов решения и их производных (правых частей системы) влечет следующие результаты работы программы USTnelinPRIMERBULANOV, которая соответственно модифицируется во фрагменте вывода:

```
x= 1.0E+0001 y1= 5.3E-0006 f1=-7.7E-0007 y2= 4.0E-0010 f2=-2.5E-0010
x= 2.0E+0001 y1= 1.5E-0006 f1=-1.7E-0007 y2= 2.3E-0012 f2=-1.0E-0012
……..
x= 8.3E+0002 y1= 4.6E-0017 f1=-7.9E-0019 y2= 1.5E-0054 f2=-1.0E-0055
x= 8.4E+0002 y1= 3.8E-0017 f1=-6.6E-0019 y2= 7.3E-0055 f2=-5.0E-0056
……..
x= 1.0E+0004 y1= 6.1E-0048 f1=-3.1E-0050 y2= 4.8E-0178 f2=-9.6E-0180
x= 1.0E+0004 y1= 5.8E-0048 f1=-2.9E-0050 y2= 3.9E-0178 f2=-7.8E-0180
```

Каждый компонент решения и его производная имеют противоположные знаки +, - на всем отрезке решения. На основании теоремы 3, равно как на основании предложения 2, нулевое решение системы (28) асимптотически устойчиво.

Теорема 3 дает достаточные условия устойчивости. Если они не выполняются, это не означает, что решение не обладает асимптотической устойчивостью. Пусть, например, рассматривается следующая система вида (18):

$$\frac{d\,v_1}{d\,t} = -v_2 + v_1\left(v_1^2 + v_2^2 - 1\right),\ \frac{d\,v_2}{d\,t} = v_1 + v_2\left(v_1^2 + v_2^2 - 1\right), \tag{32}$$

и требуется исследовать на устойчивость ее нулевое решение. Производные каждого компонента будут иметь вид

$$\frac{du_1}{dt} = \sum_{\ell=1}^{2}\frac{\partial u_1}{\partial v_\ell}u_\ell = \left(\left(v_1^2 + v_2^2 - 1\right) + v_1 \times 2v_1\right) \times \left(-v_2 + v_1\left(v_1^2 + v_2^2 - 1\right)\right) + \left(-1 + v_1 \times 2v_2\right) \times \left(v_1 + v_2\left(v_1^2 + v_2^2 - 1\right)\right);$$

$$\frac{du_2}{dt} = \sum_{\ell=1}^{2}\frac{\partial u_2}{\partial v_\ell}u_\ell = \left(1 + v_2 \times 2v_1\right) \times \left(-v_2 + v_1\left(v_1^2 + v_2^2 - 1\right)\right) + \left(v_1^2 + v_2^2 - 1 + v_2 \times 2v_2\right) \times \left(v_1 + v_2\left(v_1^2 + v_2^2 - 1\right)\right);$$

или

$$\frac{du_1}{dt} = \left(3v_1^2 + v_2^2 - 1\right) \times u_1 + \left(-1 + 2v_1v_2\right) \times u_2,\ \frac{du_2}{dt} = \left(1 + 2v_2v_1\right) \times u_1 + \left(3v_2^2 + v_1^2 - 1\right) \times u_2.$$

Следующая программа выполняет анализ на основании критериев (16), (17), а также выводит знаки компонентов решения и их двух производных.

```
program ZNAKINELINPRIMER3333; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const h = 0.0001; xn=10000; tt=100000; var x,y1,y2,y10,y20,z1,z2,eps1,eps2: extended; k: longint;
function f1(x,y1,y2:extended):extended;
begin f1:=-y2+y1*(sqr(y1)+sqr(y2)-1); end;
function f2(x,y1,y2:extended):extended;
begin f2:=y1+y2*(sqr(y1)+sqr(y2)-1); end;
function f11(x,y1,y2:extended):extended;
begin f11:=(3*sqr(y1)+sqr(y2)-1)*f1(x,y1,y2)+(-1+2*y1*y2)*f2(x,y1,y2); end;
function f21(x,y1,y2:extended):extended;
begin f21:=(1+2*y1*y2)*f1(x,y1,y2)+(3*sqr(y2)+sqr(y1)-1)*f2(x,y1,y2); end;
begin
k := 0; eps1:=1e-5; eps2:=1e-5; y1:= eps1; y2 := eps2; x:=0; while x <=xn do begin
y1 := y1 + h * f1(x,y1,y2); y2 := y2 + h * f2(x,y1,y2); k:=k+1; if k = tt then
begin z1:=y1/eps1; z2:=y2/eps2; writeln('x=',x:4,' ','norma=',sqrt(sqr(z1)+sqr(z2)):4);
writeln('y1=',y1:4,' ','f1=',f1(x,y1,y2):4,' ','f11=',f11(x,y1,y2):4);
writeln('y2=',y2:4,' ','f2=',f2(x,y1,y2):4,' ','f21=',f21(x,y1,y2):4);writeln;
k:=0 end; x:=x+h; end; readln
end.
```

Результат работы программы:

```
x= 1.0E+0001 norma= 6.4E-0005
y1=-1.3E-0010 f1= 7.6E-0010 f11=-1.2E-0009
y2=-6.3E-0010 f2= 4.9E-0010 f21= 2.7E-0010
x= 2.0E+0001 norma= 2.9E-0009
y1=-1.0E-0014 f1=-1.7E-0014 f11= 5.4E-0014
y2= 2.7E-0014 f2=-3.8E-0014 f21= 2.1E-0014
……
x= 4.2E+0002 norma= 5.5E-0183
y1= 5.4E-0188 f1=-4.5E-0188 f11=-1.8E-0188
y2=-9.1E-0189 f2= 6.3E-0188 f21=-1.0E-0187
x= 4.3E+0002 norma= 2.5E-0187
y1=-2.3E-0192 f1= 3.3E-0192 f11=-2.0E-0192
y2=-9.9E-0193 f2=-1.2E-0192 f21= 4.6E-0192
……..
x= 1.0E+0004 norma= 0.0E+0000
y1= 1.1E-4344 f1=-3.0E-4344 f11= 3.7E-4344
y2= 1.8E-4344 f2=-7.1E-4345 f21=-2.2E-4344
x= 1.0E+0004 norma= 0.0E+0000
y1= 2.5E-4350 f1= 9.5E-4349 f11=-1.9E-4348
y2=-9.7E-4349 f2= 1.0E-4348 f21=-4.9E-4350
```

Эвклидова норма $\sqrt{z_1^2+z_2^2}$ отношений $z_k = v_k(t)/v_k(t_0)$, $k=1,2$ (в программе z1:=y1/eps1; z2:=y2/eps2; writeln ('x=',x:4,' ','norma=', sqrt(sqr(z1)+sqr(z2)):4);) составлена для возмущенного решения. Эта норма убывает к нулю, что в соответствии с критериями (16), (17) необходимо и достаточно для асимптотической устойчивости нулевого решения системы (32). В то же время знаки y, f, f1 иногда чередуются как +, -, +, иногда как -, +, - , иногда как +, +, - или -, -, +, но иногда как +, -, - или -, +, +, что в совокупности не является достаточными условиями асимптотической устойчивости в границах рассматриваемых знаковых критериев (результат сохраняется для всех закомментированных возмущений нулевого начального вектора). Таким образом, асимптотическая устойчивость нулевого решения имеет место согласно необходимым и достаточным условиям критериев (16), (17), и это соответствует аналитическим оценкам, приведенным в [14], тогда как достаточные условия предложений 1–4 и теорем 3–6 асимптотической устойчивости не показывают.

Напротив, практический пример достаточности условий неустойчивости теоремы 6 иллюстрирует нулевое решение задачи (30). Для соответствия обозначений задачу можно записать в виде

$$\frac{d\,y_1}{d\,t} = f_1,\ \frac{d\,y_2}{d\,t} = f_2\ ,\ t_0 = 1,\ y_1(t_0) = 0,\ y_2(t_0) = 0\ ,$$

где $f_1 = \dfrac{y_1}{t} - t^2 y_1\, y_2^2,\ \ f_2 = -\dfrac{y_2}{t}$.

Производные правых частей примут вид

$$\frac{df_1}{dt} = \sum_{\ell=1}^{2} \frac{\partial f_1}{\partial y_\ell} f_\ell = \left(\frac{1}{t} - t^2\, y_2^2\right) \times \left(\frac{y_1}{t} - t^2 y_1\, y_2^2\right) + (-2\,t^2 y_1\, y_2) \times \left(-\frac{y_2}{t}\right),$$

$$\frac{df_2}{dt} = \sum_{\ell=1}^{2} \frac{\partial f_2}{\partial y_\ell} f_\ell == -\frac{1}{t} \times \left(-\frac{y_2}{t}\right),$$

или

$$\frac{df_1}{dt} = \left(\frac{1}{t} - t^2\, y_2^2\right) \times f_1 + (-2\,t^2 y_1\, y_2) \times f_2\,,\ \frac{df_2}{dt} = -\frac{1}{t} \times f_2\,.$$

Программная реализация примет вид

```
program ZNAKINELINPRIMER4444; {$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const h = 0.0001; xn=10000; tt=100000; var x,y1,y2,y10,y20,z1,z2,eps1,eps2: extended; k: longint;
function f1(x,y1,y2:extended):extended;
begin f1:=y1/x-(sqr(x))*y1*sqr(y2); end;
function f2(x,y1,y2:extended):extended;
begin f2:=-y2/x; end;
function f11(x,y1,y2:extended):extended;
begin f11:=(1/x-sqr(x)*sqr(y2))*f1(x,y1,y2)+(-2*sqr(x)*y1*y2)*f2(x,y1,y2); end;
function f21(x,y1,y2:extended):extended;
begin f21:=-1/x*f2(x,y1,y2); end;
begin
k := 0; eps1:={-}1e-5{-6}{-7}{-8}{-17}{-7}{-10};eps2:={-}1e-5{-6}{-7}{-8}{-17}{-7}{-10};
y1:= eps1; y2 := eps2; x:=1; while x <=xn do begin
y1 := y1 + h * f1(x,y1,y2); y2 := y2 + h * f2(x,y1,y2); k:=k+1; if k = tt then
begin z1:=y1/eps1; z2:=y2/eps2; writeln('x=',x:4,' ','norma=',sqrt(sqr(z1)+sqr(z2)):4);
writeln ('y1=',y1:4,' ','f1=',f1(x,y1,y2):4,' ','f11=',f11(x,y1,y2):4);
writeln ('y2=',y2:4,' ','f2=',f2(x,y1,y2):4,' ','f21=',f21(x,y1,y2):4); writeln; k:=0
end; x:=x+h; end; readln
end.
```

Результат работы программы:

```
x= 1.1E+0001 norma= 1.1E+0001
y1= 1.1E-0004 f1= 1.0E-0005 f11= 9.1E-0007
y2= 9.1E-0007 f2=-8.3E-0008 f21= 7.5E-0009
x= 2.1E+0001 norma= 2.1E+0001
y1= 2.1E-0004 f1= 1.0E-0005 f11= 4.8E-0007
y2= 4.8E-0007 f2=-2.3E-0008 f21= 1.0E-0009
……..
x= 2.2E+0003 norma= 2.2E+0003
y1= 2.2E-0002 f1= 1.0E-0005 f11= 4.6E-0009
y2= 4.6E-0009 f2=-2.2E-0012 f21= 1.0E-0015
x= 2.2E+0003 norma= 2.2E+0003
y1= 2.2E-0002 f1= 1.0E-0005 f11= 4.6E-0009
y2= 4.6E-0009 f2=-2.1E-0012 f21= 9.9E-0016
……..
x= 8.1E+0003 norma= 8.1E+0003
y1= 8.1E-0002 f1= 1.0E-0005 f11= 1.2E-0009
y2= 1.2E-0009 f2=-1.5E-0013 f21= 1.9E-0017
x= 8.1E+0003 norma= 8.1E+0003
y1= 8.1E-0002 f1= 1.0E-0005 f11= 1.2E-0009
y2= 1.2E-0009 f2=-1.5E-0013 f21= 1.9E-0017
……..
x= 1.0E+0004 norma= 1.0E+0004
y1= 1.0E-0001 f1= 1.0E-0005 f11= 1.0E-0009
y2= 1.0E-0009 f2=-1.0E-0013 f21= 1.0E-0017
x= 1.0E+0004 norma= 1.0E+0004
y1= 1.0E-0001 f1= 1.0E-0005 f11= 1.0E-0009
y2= 1.0E-0009 f2=-1.0E-0013 f21= 1.0E-0017
```

В строке со значениями y1, f1, f11, т.е. со значениями $y_1, f_1, \frac{df_1}{dt}$, первый компонент решения, его первая и вторая производная имеют совпадающие знаки +, +, +. Согласно теореме 6 это указывает на неустойчивость нулевого решения задачи (30). На то же согласно следствию 3 указывает монотонный рост нормы, нарушающий неравенство (16). С точностью до значений коэффициентов этот результат сохраняется при всех закомментированных возмущениях нулевого начального вектора. Относительно применимости данных критериев к неавтономной системе (30) дословно повторяется замечание 3.

В заключение можно отметить, что предложенные методы численного моделирования устойчивости сохраняют отличие от известных методов по своему построению, инвариантности относительно класса задач и по результатам компьютерного анализа устойчивости. В частности отличия относятся к методам, основанным на традиционных подходах [3, 4], к методам, использующим компьютерные технологии [15, 16], к аналитическим методам [17, 18].

Заключение

С помощью численного эксперимента показано, что для компьютерного анализа устойчивости в смысле Ляпунова, выполняемого на основе предложенных критериев, применимы различные разностные методы приближенного решения задачи Коши для системы ОДУ. Наиболее быстро решает задачу компьютерного анализа устойчивости метод Эйлера, накопление погрешности этого метода, как правило, не влечет ошибки в оценке устойчивости на отрезках приближения сравнительно небольшой длины. Разностные методы Рунге – Кутты, Батчера, Дормана – Принса более точны и аналогично применимы для анализа устойчивости. Вместе с тем по быстродействию они уступают кусочно-интерполяционному методу с итерационным уточнением на основе интерполяционного полинома Лагранжа. Этот метод вследствие меньшего накопления погрешности сравнительно адекватно выражает асимптотическое поведение и определяет устойчивость решения задачи Коши для системы ОДУ. Применение метода позволяет в целом эффективно и достоверно выполнять компьютерный анализ устойчивости на основе численного моделирования в рамках предложенных критериев, в частности он может применяться для анализа устойчивости в реальном времени по ходу решения задачи.

Список литературы

1. Маркеев А.П., Сокольский А.Г. Некоторые вычислительные алгоритмы нормализации гамильтоновых систем. М.: Препринт ИПМ АН СССР. № 31, 1976. 61 с.

2. Hammarling S.J. Numerical Solution of the Stable, Nonnegative Definite Lyapunov Equation. IMA J. of Num. Analysis. Vol. 2. Issue 3. 1. July 1982. P. 303–323.

3. Новиков М.А. О вычислительных способах достаточных условий устойчивости автономных консервативных систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 1 (41). С. 28–36.

4. Giesl P.A., Hafstein S.F. Computation of Lyapunov functions for nonlinear discrete time systems by linear programming. J. Difference Equ. Appl. 2014. 20. P. 610–640.

5. Ромм Я.Е. Мультипликативные критерии устойчивости на основе разностных решений обыкновенных дифференциальных уравнений // Кибернетика и системный анализ. 2006. № 1. С. 127–142.

6. Ромм Я.Е. Моделирование устойчивости по Ляпунову на основе преобразований разностных схем решений обыкновенных дифференциальных уравнений // Известия РАН. Математическое моделирование. 2008. Т. 20. № 12. С. 105–118.

7. Ромм Я.Е. Компьютерно-ориентированный анализ устойчивости решений дифференциальных систем // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4. С. 42–63.

8. Катрич С.А. Разработка и исследование программного моделирования устойчивости решений нелинейных дифференциальных уравнений на основе разностных методов: автореф. дис. … канд. техн. наук. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2006. 20 с.

9. 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.

10. Romm Ya.E., Dzhanunts G.A. Piecewise interpolation solution of ordinary differential equations with application to numerical modeling problems. Journal of Physics. 2021. Conference Series. 1902(1). P. 012130.

11. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М.: Изд-во «Науку – всем», 2019. 480 с.

12. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 1. СПб.: Лань, 2018. 608 с.

13. Джанунц Г.А. Компьютерный метод кусочно-полиномиального приближения решений обыкновенных дифференциальных уравнений в применении к моделированию автоколебательных реакций: автореф. дис. … канд. техн. наук. Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2012. 22 с.

14. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1971. 534 с.

15. Giesl P., Hafstein S. Computation of Lyapunov functions for nonlinear discrete time systems by linear programming. J. Difference Equ. Appl. 2014. Vol. 20, Issue 4. P. 610–640.

16. Миронов В.В., Митрохин Ю.С. Технологический подход к исследованию устойчивости динамических систем: прикладные вопросы // Вестник РГРТУ. 2017. № 59. С. 127–135.

17. Александров А.Ю., Жабко А.П., Косов А.А. Анализ устойчивости и стабилизация нелинейных систем на основе декомпозиции // Сибирский математический журнал. 2015. Т. 56. № 6. С. 1215–1233.

18. Baudouin L., Seuret A., Gouaisbaut F. Lyapunov stability analysis of a linear system coupled to a heat equation. In 20th IFAC World Congress, Toulouse. 2017. Vol. 50. P. 11978–11983.

УДК 51-74:001.5

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В КОНТРОЛЕ И УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Середа С.Н.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Муром, e-mail: sereda-2010@mail.ru

В работе рассматривается задача количественной и качественной оценки риска выполнения производственного процесса, как меры несоответствия параметров процесса, подлежащих контролю и управлению. Предложена математическая модель возможной функции оценки и определен класс аналитических функций, удовлетворяющих поставленным условиям. Для качественного анализа риска проводится сегментация функции оценки на четыре качественных уровня (L1 хороший, L2 удовлетворительный, L3 плохой, L4 критический) согласно различным площадным критериям: равных площадей, золотого сечения и геометрической прогрессии. Определены векторы площадей сегментов по указанным критериям. Пороги сегментации определяются по заданным значениям площадей сегментов итерационным методом нахождения корня разностной функции в программе Маткад. Приводятся сравнительные результаты сегментации функции оценки по площадным критериям. Показано, что прогрессивный критерий является наиболее строгим из представленных, так как определяет более «жесткие» границы уровней сегментов. Выбор функции оценки, числа сегментов, как и критерия пороговой сегментации, определяется конкретными задачами прикладной области. Задавая желаемые значения порогов сегментов, можно управлять системой оценки исходя из заданных условий и приемлемого уровня риска выполнения технологического процесса. Предложена первичная оценка уровня несоответствий, учитывающая риск потенциальных последствий.

Ключевые слова: математическое моделирование, сегментация, функция оценки, анализ риска, управление риском, безопасность труда

ASSESSMENT OF PROFESSIONAL RISKS IN THE CONTROL AND MANAGEMENT OF MANUFACTURING PROCESSES

Sereda S.N.

Murom Institute (branch) of Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Murom, e-mail: sereda-2010@mail.ru

The paper considers the problem of quantitative and qualitative assessment of the risk of the production process, as a measure of the inconsistency of the process parameters to be monitored and controlled. A mathematical model of a possible evaluation function is proposed and a class of analytical functions satisfying the set conditions is defined. For a qualitative analysis, the evaluation function is segmented into four qualitative levels (L1 good, L2 satisfactory, L3 bad, L4 critical) according to various areal criteria: equal areas, golden section, and geometric progress. The vectors of the areas of the segments were determined according to the specified criteria. The segmentation thresholds are determined by the specified values of the areas of the segments by the iterative method of finding the root of the difference function in the Mathcad program. The comparative results of segmentation of the evaluation function by areal criteria are presented. It is shown that the progressive criterion is the rigorous of the presented ones, since it defines more “hard” boundaries of the segments’ levels. The choice of the evaluation function, the number of segments as well as the criteria for threshold segmentation, is determined by the specific tasks of the application area. By setting the desired values for the segment thresholds, one can control the evaluation system based on the specified conditions and the acceptable level of risk of the technological process. Taking into account the risk of potential consequences, a primary assessment of the level of inconsistencies is proposed.

Keywords: mathematical modeling, segmentation, evaluation function, risk analysis, risk management, occupational safety

Контроль технологических процессов проводится с целью обеспечения качества и безопасности выполнения работ путем своевременного обнаружения несоответствий и нарушений, которые могут повлечь за собой риск возникновения техногенной аварии, несчастного случая или остановки производства с причинением экологического и социально-экономического ущерба. При этом накопленные статистические данные наблюдений служат основой для апостериорной оценки профессионального риска, предусматривающей применение некоторого математического аппарата, в частности функций оценки риска.

Научно-методические основы оценки профессиональных рисков изложены в многочисленных работах, в том числе вопросы системного анализа и менеджмента техногенного риска [1], методик расчета риска [2], построения систем управления промыш-

ленной безопасностью [3], применение интеллектуальных систем поддержки принятия решений [4] и риск-ориентированного прогнозирования и предупреждения аварий [5], влияние условий труда на профессиональный риск [6], совершенствование условий безопасности и охраны труда на производственных объектах [7], оценки эффективности методов снижения экологического риска [8], принципы управления риском [9], критерии приемлемого риска [10], а также проблемы внедрения системы оценки и управления профессиональными рисками [11].

Кроме того, вопросы оценки и управления рисками регламентируются с нормативно-правовой стороны. Так, приказом Ростехнадзора [12] утверждено руководство по безопасности, устанавливающее методику проведения анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах. А в стандарте системы менеджмента риска предлагается ряд других методик оценки риска [13]. В частности, для ранжирования и сопоставления рисков предложены несколько различных инструментов: индексы риска, матрицы вероятности/последствий, S – кривые и др.

Таким образом, состояние проблемы оценки профессиональных рисков находится в стадии совершенствования научно-методического и теоретико-практического инструментария, что определяет актуальность данной темы.

Постановка задачи исследования

Пусть в какой-либо системе требуется контролировать N параметров на соответствие установленным нормам или допустимым значениям. Тогда M – некоторое число параметров $M \subset N$, для которых выявлены несоответствия по результатам наблюдений за системой. Требуется дать количественную и качественную оценку результатов контроля. На основе вероятностного подхода можно определить первичную количественную характеристику риска, как относительную частоту несоответствий x в виде отношения

$$X = M / N, \tag{1}$$

Определим функцию риска $R(x)$ как непрерывную возрастающую функцию, определенную на интервале $x \in [0,1]$, принимающую значения $R(x) \in [0,1]$, выраженные в относительных единицах. Тогда функция $f(x) = 1 - R(x)$ является противоположной по смыслу характеристикой уровня безопасности, надежности, качества и др. Таким образом, необходимо найти аналитическую функцию $f(x)$, взаимосвязанную с функцией риска, как мерой несоответствий, и определить критерии качественного анализа значений такой функции для последующего принятия решений относительно текущего состояния контролируемой системы. Например, можно задать сегментацию функции оценки на четыре качественных уровня: *L1* хороший, *L2* удовлетворительный, *L3* плохой, *L4* критический (неприемлемый). Однако допустима и бинарная сегментация, как и сегментация на три, пять и более уровней.

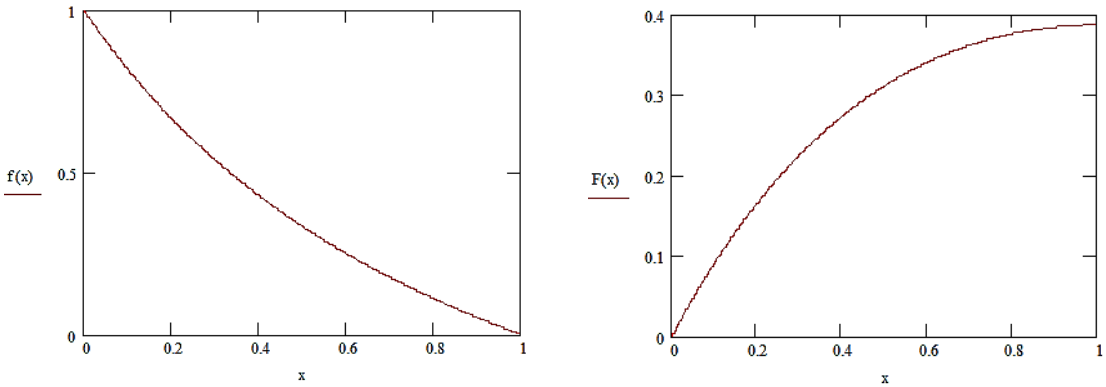
Математическая модель функции оценки

Для количественной оценки уровня соответствия контролируемых параметров возьмем следующую функцию (рис. 1, а)

$$f(x) = \frac{1-x}{1+x}, \tag{2}$$

Её первообразная (рис. 1, б) имеет вид

$$F(x) = 2 \cdot \ln(1 + x) - x + C, \tag{3}$$



а) *б)*

Рис. 1. График функции оценки и ее первообразной

Выбор порогов сегментации функции оценки

В качестве критериев выбора порогов сегментации функции оценки можно использовать, например, задание уровней аргумента x или значений функции $f(x)$, исходя из прикладной области, что требует дополнительного обоснования. Например, можно задать уровни согласно равномерному распределению. С другой стороны, можно определить пороги сегментации на основе соотношения площадей сегментов, ограниченных функцией оценки и осями координат. Способы задания отношений также могут определяться в контексте задачи. Например, можно использовать критерий равных площадей сегментов; критерий, базирующийся на принципе *золотого сечения*; прогрессивный критерий и др.

По критерию равных площадей площадь каждого из четырех сегментов одинакова $S_k = 25\%$. По критерию золотого сечения вектор значений площадей сегментов составит

$$S = [\varphi^4 \;\; \varphi^3 \;\; \varphi^3 \;\; \varphi^2], \qquad (4)$$

где $\varphi = 0{,}618034$ – коэффициент пропорции, а φ^k – k-я степень числа φ.

Согласно прогрессивному критерию площади сегментов можно задать как соотношения членов геометрической прогрессии

$$S_k = q^{k-1} : \frac{(q^k - 1)\cdot b_1}{q-1}, \qquad (5)$$

где $b_1 = q^0 = 1$ – первый член прогрессии; q – коэффициент пропорции.

Например, при $q = 3$ получим

$$S = \left[\frac{1}{40} \;\; \frac{3}{40} \;\; \frac{9}{40} \;\; \frac{27}{40}\right].$$

На рис. 2 показаны диаграммы соотношений площадей сегментов, найденным по разным площадным критериям.

Поскольку каждый сегмент представляет собой одну из четырех зон функции оценки $f(x)$, то, задавая желаемые соотношения сегментов, можно управлять системой оценки исходя из текущих условий.

Площади зон сегментов функции оценки можно найти по формуле

$$S = \int_{x_1}^{x_2} f(x)\,dx = F(x)\Big|_{x_1}^{x_2} = F(x_2) - F(x_1), \qquad (6)$$

где $F(x)$ – первообразная функции $f(x)$.

Для определения значений порогов сегментов по заданным площадям сегментов функции оценки необходимо решить обратную задачу, то есть найти обратную функцию $x = F^{-1}(x)$. На практике аналитическое решение этой задачи может быть затруднительно. Поэтому воспользуемся численным методом решения эквивалентной задачи поиска корня уравнения (рис. 3), представляющего собой разностную функцию

$$f2(x) - g2(x, F(x)) = 0, \qquad (7)$$

где $f2(x) = \ln(1 + x)^2$; $g2(x, F(x)) = x + F(x)$ – функции, составленные для функций (2) и (3).

Решение можно найти с помощью встроенной функции *root* в программе Mathcad. Результаты расчетов сведены в табл. 1 и показаны графически на рис. 4.

Сравнение полученных результатов показывает, что прогрессивный критерий является наиболее строгим из представленных, так как определяет более «жесткие» границы уровней сегментов. Оценка по данному критерию характеризует, что при контроле $N = 100$ параметров граничные значения количества несоответствий по сегментам составят: 1, 5, 15. Другими словами, уровень *L1* обеспечивается, если зафиксировано менее одного несоответствия, уровень *L2* – не более четырех несоответствий, уровень *L4* – более четырнадцати несоответствий.

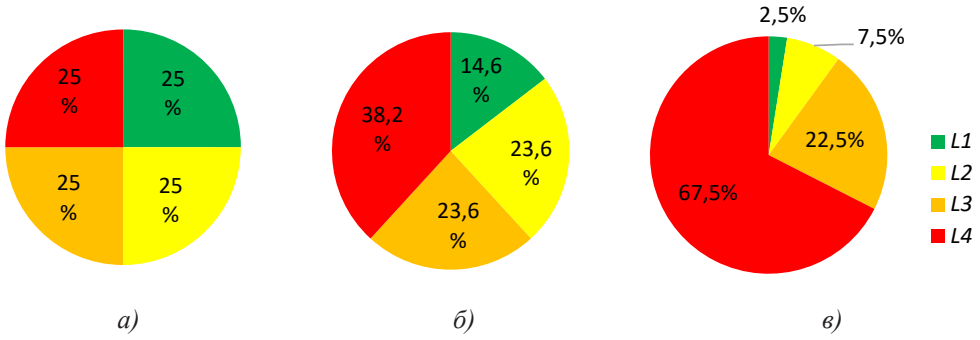


Рис. 2. Сегментация функции оценки по критериям: а) равных площадей; б) золотого сечения; в) прогрессивный

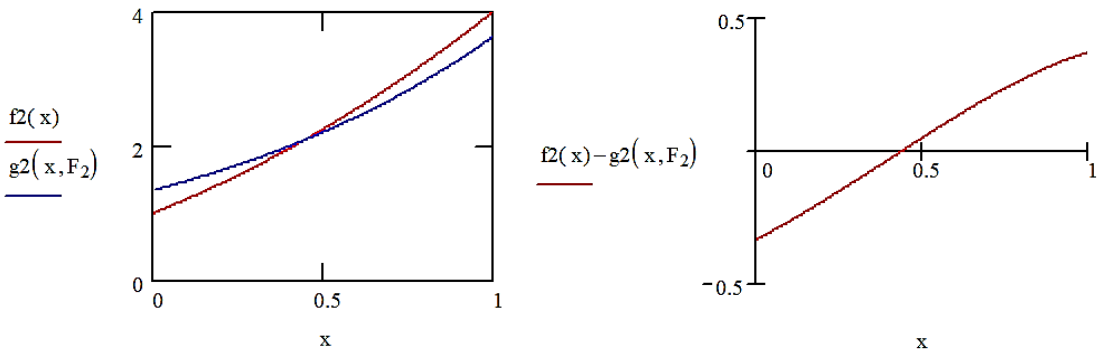
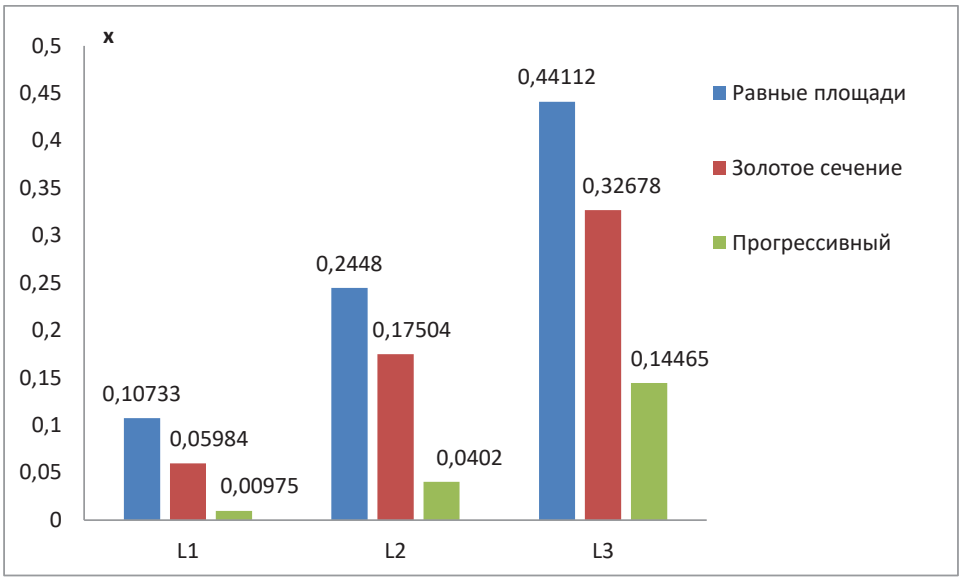
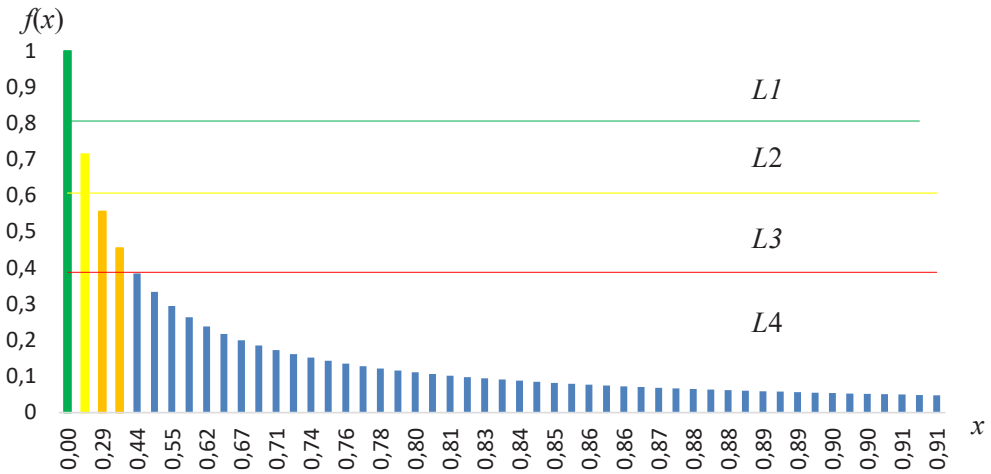


Рис. 3. Поиск корня разностной функции



а)



б)

Рис. 4. Результаты пороговой сегментации функции оценки:
а) уровни сегментации функции оценки f(x) по различным критериям;
б) пороговые значения сегментации функции оценки f(x) по критерию равных площадей

Таблица 1

Сегментация функции оценки по площадным критериям

Критерий	Равные площади		Золотое сечение		Прогрессивный	
Уровень	x	$f(x)$	x	$f(x)$	x	$f(x)$
L1	0,10733	0,806	0,05984	0,8871	0,00975	0,9807
L2	0,24480	0,607	0,17504	0,7021	0,0402	0,9227
L3	0,44112	0,388	0,32678	0,5074	0,14465	0,7473
L4	> 0,44112	< 0,388	< 0,32678	< 0,5074	> 0,14465	< 0,7473

Таблица 2

Функции оценки в задаче анализа риска

№	$f(x)$	$F(x)$	C
1	$f1(x)=(1-x)^m, m\geq 1$	$(-1)^m\cdot\frac{(x-1)^{m+1}}{m+1}+C$	$\frac{1}{m+1}$
2	$f2(x)=1-\sqrt[m]{x}, m\geq 1$	$x-\frac{m\cdot x^{\frac{m+1}{m}}}{m+1}$	0
3	$f3(x)=1-\log_2{}^m(x+1)$	$x-\frac{(x+1)\cdot\ln(x+1)-x}{\ln 2}$, при $m=1$	0
4	$f4(x)=1-arctg\frac{x\pi}{2}$	$x+\frac{1}{\pi}\cdot\ln\left((\pi x)^2+4\right)-x\cdot arctg\left(\frac{\pi x}{2}\right)+C$	$\frac{2}{\pi}\ln 2$
5	$f5(x)=1-\sin^m\left(\frac{x\pi}{2}\right)$	$x+\frac{2}{\pi}\cdot\cos\frac{x\pi}{2}+C$, при $m=1$	$\frac{2}{\pi}$
6	$f6(x)=\frac{e^{1-x}-1}{e-1}$	$-\frac{e^{1-x}+x}{e-1}+C$	$\frac{e}{e-1}$
7	$f7(x)=1-\frac{e+e^{-1}}{e-e^{-1}}\cdot th(x)$	$-\frac{e+e^{-1}}{e-e^{-1}}\cdot\ln\left(e^x+e^{-x}\right)+C$	$\frac{e+e^{-1}}{e-e^{-1}}\cdot\ln 2$
8	$f9(x)=1-\frac{arch(x+1)}{ln\left(2+\sqrt{3}\right)}$	$x+\frac{\sqrt{x^2+1}-x\cdot arsh(x)}{ln\left(1+\sqrt{2}\right)}$	0
9	$f8(x)=1-\mathrm{erf}(2x)$	$x-x\cdot\mathrm{erf}(2x)-\frac{e^{-4x^2}}{2\sqrt{\pi}}+C$	$\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотренная выше функция $f(x)$ и методика оценки риска при контроле соответствия параметров системы (процесса) демонстрирует общий подход к решению задачи. В то же время можно определить класс функций оценки, соответствующих заданным требованиям, которые также можно использовать при анализе риска. Некоторые функции, принадлежащие данному классу, приведены в табл. 2 и на рис. 5.

Выбор конкретной функции оценки, критерия пороговой сегментации, количества сегментов определяется прикладными задачами.

Кроме того, если помимо фиксации числа несоответствий требуется учесть риск потенциальных последствий, можно ввести некоторую числовую шкалу значимости с заданными весовыми коэффициентами для оценки каждого зафиксированного несоответствия. В этом случае вместо формулы (1) можно использовать первичную оценку в виде скалярного суперкритерия

$$x=\frac{1}{N}\cdot\sum\alpha_i\cdot M_i, \quad (8)$$

где α_i – весовые коэффициенты значимости; M_i – число нарушений i-го типа, $i\in[1, H]$.

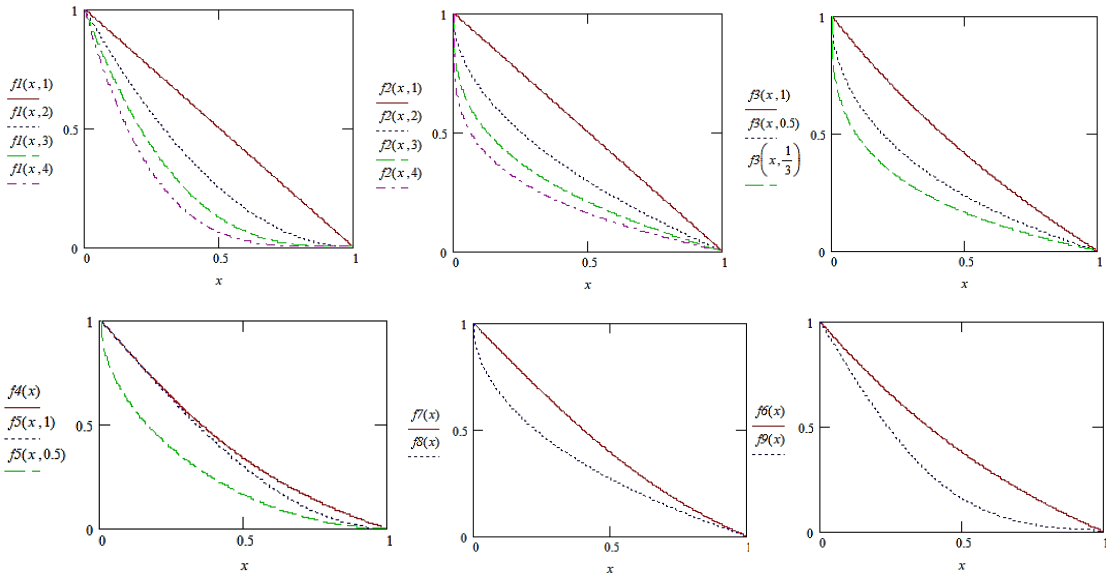


Рис. 5. Функции оценки

Количество типов нарушений H конечно и определяется возможным числом реальных или потенциальных последствий, качественно различающихся степенью социально-экономического и/или экологического ущерба.

Следует отметить, что предложенный подход к математическому моделированию риска вполне применим к задачам оценки уровня обученности производственного персонала, как и вообще уровня подготовки в системе обучения, на основе тестовой системы оценки знаний. Еще одной потенциальной прикладной областью применения рассмотренной методики является оценка степени износа в процессе диагностики состояния строительных конструкций.

Заключение

Резюмируя все вышесказанное, в работе предложена математическая модель функции оценки уровня безопасности, площадные критерии сегментации функции оценки на качественные уровни, алгоритм определения порогов сегментации. Представлены некоторые результаты моделирования и приводятся рекомендации практического применения модели.

Рассмотренная в данной работе методика оценки была апробирована в работе службы контроля безопасности выполнения работ на предприятии АО ВМЗ.

Список литературы

1. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2014. 728 с.

2. Галеев А.Д., Поникаров С.И. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие / Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. 152 с.

3. Мельникова Д.А. Теоретические и практические аспекты построения системы управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах: дис. … канд. техн. наук. Уфа, 2016. 120 с.

4. Макеев С.М. Методы и алгоритмы анализа техногенного риска при интеллектуальной поддержке принятия управленческих решений в регионе: дис. … канд. техн. наук. Орел, 2017. 136 с.

5. Гражданкин А.И., Белов П.Г. Анализ опасностей и оценка риска крупных аварий в нефтегазовой промышленности: дис. … докт. техн. наук. Москва, 2018. 370 с.

6. Федорец А.Г. Понятие «профессиональный риск» в международной и национальной практике // Безопасность в техносфере. 2014. № 2. С. 40–47.

7. Озден И.В., Султанов Р.М., Хафизов И.Ф., Бекбаева Б.Д., Табульдина А.Т., Кокорин В.В. Совершенствование условий безопасности и охраны труда на производственных объектах // Техносферная безопасность. 2018. № 4 (21). С. 158–164.

8. Середа С.Н. Анализ эффективности методов снижения экологического риска // «Машиностроение и безопасность жизнедеятельности». 2013. № 4 (18). С. 25–30.

9. Кузьмин И.И. Принципы управления риском // Проблемы анализа риска. 2006. Т. 2. № 1. С. 73–93.

10. Лисанов М.В. О техническом регулировании и критериях приемлемого риска // Безопасность труда в промышленности. 2004. № 5. С. 11–14.

11. Ильин С.М., Черданцев А.Г. К вопросу о внедрении системы оценки и управления профессиональными рисками // Охрана и экономика труда. 2012. № 1. С. 11–15.

12. Приказ Ростехнадзора от 11.05.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»» [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/420347908 (дата обращения: 07.07.21).

13. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска: дата введения 2020-03-01. М.: Стандартинформ, 2020. 86 с.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКИ СУДНА МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

[1]Соколов С.С., [2]Ивановский А.Н.

[1]Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, e-mail: sokolovss@gumrf.ru;

[2]Керченский государственный морской технологический университет, Керчь, e-mail: esiap@mail.ru

Осадка – вертикальное расстояние, измеренное от верхней кромки киля посредине судна до соответствующей грузовой ватерлинии. Существующие технические решения не позволяют производить высокоточные измерения осадки в условиях морского волнения. В данной работе предложен альтернативный способ определения осадки судна, основанный на обработке видеоизображения методами машинного обучения. Для детекции и локализации цифр марок углубления использована нейронная сеть YOLOv5, для сегментации водной поверхности использована нейронная сеть U-Net. Полученные первичные результаты показывают эффективность данного подхода. Цели данной работы – предложить способ определения осадки судна, основанный на алгоритмах машинного обучения и компьютерного зрения, а также обосновать его эффективность. К преимуществам данного способа стоит отнести отсутствие необходимости в архитектурных изменения корпуса судна, его универсальности для судов любого типа, обеспечение высокоточных измерений при любых погодных условиях, а также сравнительно низкую стоимость внедрения и эксплуатации. На судах навалочного типа знание осадки необходимо для обеспечения безопасности судна на протяжении всей грузовой операции, определения массы груза, а следовательно, напрямую влияет на экономическую эффективность судна. Средства определения осадки крайне важны на таких судах, однако из-за высокой стоимости оборудования и сравнительно небольшого выигрыша в точности судовладельцы предпочитают идти на компромисс с грузоотправителем и учитывают погрешности определения массы груза при расчете фрахта.

Ключевые слова: драфт сюрвей, осадка судна, сегментация, детекция, YOLO, U-Net, машинное обучение

AUTOMATIZATION OF DRAFT MARKS READING ON SHIPS WITH MACHINE LEARNING

[1]Sokolov S.S., [2]Ivanovskiy A.N.

[1]Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, e-mail: sokolovss@gumrf.ru;

[2]Kerch State Maritime Technological University, Kerch, e-mail: esiap@mail.ru

Draft is the vertical distance measured from the top of the keel at the center of the vessel to the corresponding load waterline. The existing technical solutions do not allow high-precision measurements of the draft in conditions of sea waves. This paper proposes an alternative method for determining the ship's draft, based on video processing using machine learning methods. The YOLOv5 neural network was used to detect and localize the digits of the indentation marks, and the U-Net neural network was used to segment the water surface. The primary results obtained show the effectiveness of this approach. For the purpose of this work, propose a method for determining the ship's draft based on machine learning and computer vision algorithms, as well as substantiate its effectiveness. The advantages of this method include the absence of the need for architectural changes in the ship's hull, its versatility for ships of any type, ensuring high-precision measurements in all weather conditions, as well as the relatively low cost of implementation and operation. On bulk vessels, knowledge of the draft is necessary to ensure the safety of the vessel throughout the entire cargo operation, to determine the mass of the cargo, and therefore directly affects the economic efficiency of the vessel. Means for determining draft are extremely important on such ships, however, due to the high cost of equipment and a relatively small gain in accuracy, shipowners prefer to compromise with the shipper and take into account the errors in determining the mass of the cargo when calculating the freight.

Keywords: draft survey, ships draft, image segmentation, detection, YOLO, U-Net, computer vision

Осадкой именуется вертикальное расстояние, измеренное от верхней кромки киля посредине судна до соответствующей грузовой ватерлинии. Определение осадки судна является неотъемлемой процедурой при эксплуатации судна. Для снятия осадки разработано множество способов [1–3], однако каждый из них обладает своими ограничениями, ввиду которых такие методы так и не получили повсеместного применения. К таким трудностям относятся низкая точность при волнении, как при использовании методами, основанными на определении разности высот антенн GPS/GMSSB [2], а также сложность при установке и эксплуатации, например при использовании гидростатических датчиков [1, 4–6].

Степень востребованности знания осадки на разных судах так же отличается. Для судов-контейнеровозов, наливных, пассажирских судов знание осадки нужно в основном для планирования перехода в узкостях и каналах, а потому установка громоздких высокоточных систем определения осадки не оправдана.

Цель исследования – применение процесса автоматизации для определения осадки судна методами машинного обучения.

В данном исследовании разрабатывается модель авторегрессионной остаточной U-сети (AR-Runet) для прогнозирования зависящего от времени динамического потока для сложной двумерной морской (водной) системы с каналами связи. В исследовательской модели система идентифицирует характеристики судов и особые отметки. Здесь стратегия авторегрессии относится к использованию выходных данных предыдущего времени в качестве данных нейронной сети для прогнозирования выходных данных текущего времени, а не к изменению сетевой архитектуры. Было доказано, что стратегия остаточного обучения является эффективным решением для упрощения обучения сетей с достаточно глубокой архитектурой. Для этого к традиционной архитектуре U-net была добавлена уровневая глубокая остаточная единица, в результате чего была разработана новая остаточная архитектура U-net со значительно улучшенной производительностью для моделирования сложных отображений. Результаты показывают, что после того, как стратегия авторегрессии была обработана до входных и зависящих от времени выходных данных, точность предсказания метода значительно увеличилась, что превосходит другие доступные методы для задачи. В связи с этим в недавнем прошлом исследователи представили различные методы автоматической сегментации образов на морской поверхности. В отличие от традиционных методов обработки изображений, в исследованиях также использовались контролируемые методы. Некоторые из примеров – модели на основе форм и атласов.

Общая структура подсистемы для определения осадки судна. На каждом судне по бортам нанесено шесть марок углубления (рис. 1), которые представляют собой набор арабских или римских цифр, расположенных одна над другой на равных расстояниях. Осадка на каждой позиции определяется как точка пересечения марки углубления с водной поверхностью. Зная значения осадки на каждой из позиций, определяется средняя осадка судна (Mean of Mean), которая в дальнейшем и используется для определения текущей загрузки судна. В мировой практике замеры осадок на оконечностях производятся с лодки или катера совместно драфт-сюрвейером и грузовым помощником судна. На переходном этапе также можно проводить видеосъемку с катера, используя электронный стабилизатор с цифровой камерой. В дальнейшем, для полной автоматизации произведения замеров, предлагается использовать цифровую камеру, прикрепленную на беспилотный летательный аппарат (БПЛА), оснащенный системой автономной навигации.

Вне зависимости от способа получения видеозаписей марок углубления, видео передается на центральный компьютер, где подвергается обработке алгоритмами машинного обучения. В частности, сначала определяется положение цифр марки углубления, производится построение координатной шкалы, позволяющей сопоставить масштаб изображения с реальными размерами цифр [7, 8]. Затем производится сегментация водной поверхности, в окрестности точки пересечения с координатной шкалой строится ватерлиния и уже по ординате полученной точки пересечения определяется действительное значение осадки на каждом кадре. Функциональная схема алгоритма обработки видео представлена на рис. 2.

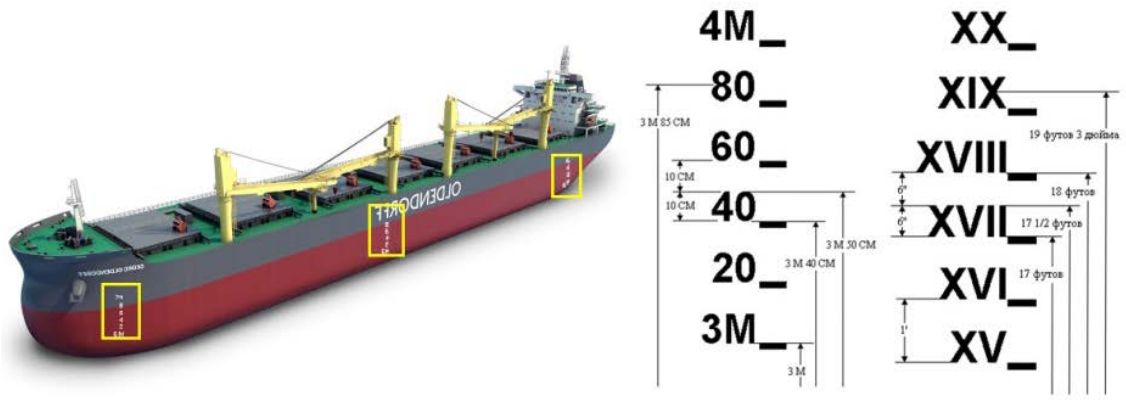


Рис. 1. Положение марок углубления и их вид

Рис. 2. Алгоритм обработки видеозаписей марки углубления

Выбор длительности видео обоснован экспериментально, путем обработки видео различной длины методами линейной фильтрации. Так, показано, что видео длительностью в одну минуту, соответствует массиву из 1800 значений осадки при 30 кадрах в секунду, достаточно, чтобы достичь точности в 0,5 мм при волнении, что уже значительно превосходит большинство альтернативных методов. Дальнейшее повышение точности возможно за счет увеличения точности единичных измерений, а также совершенствования цифровых фильтров, применяемых для обработки данных. В данной статье основное внимание будет уделено обработке изображений, а также получению дискретного значения осадки на каждом кадре.

Разработке модели управления БПЛА и цифровым фильтрам, применяемым для обработки массивов данных, будут посвящены последующие работы.

Обнаружение цифр марок углубления на изображении. В работах [5, 9–11] предложены способы определения цифр марок углубления при помощи методов компьютерного зрения. Такие методы эффективны при благоприятных условиях съемки и освещения, однако зачастую условия эксплуатации судна далеки от идеальных. Поэтому для успешного применения алгоритмов компьютерного зрения требуется их тщательная настройка в каждом отдельном случае. К такой настройке относится удаление шумов, подбор параметров бинаризации, настройка и оценка качества работы дескрипторов.

Помимо временных затрат, определение осадки таким способом требует высокой квалификации грузового офицера в вопросе алгоритмов компьютерного зрения. Очевидно, что в реальных условиях эксплуатации судна использование классических методов компьютерного зрения нецелесообразно.

При выборе алгоритмов мы руководствовались результатами International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR Competition on Robust Reading) 2015 г. [8], а также публикациями из списка [12], однако многие из представленных методов больше подходят для распознавания заранее подготовленного большого объема текста, а также не исключают возможности дополнительной настройки человеком. Наша задача состоит в определении всего десяти различных цифр и буквы «М», при этом определение координат цифр так же важно, как и их идентификация.

Исходя из причин, описанных выше, было принято решение работать с изображениями с точки зрения детекции объектов, а не поиска текста. Для решения данной задачи существует ряд методов [4], большинство из которых предполагает применение искусственных нейронных сетей к изображению или видеоряду. Опираясь на результаты эффективности различных нейросетей в других задач обнаружения объектов на изображении, а также учитывая, что для определения осадки судна необходимо обрабатывать большие массивы изображений (до 10800 изображений за один драфт сюрвей) в реальном времени, было принято решение использовать нейросети архитектуры YOLO, в частности YOLO v5. К неоспоримым достоинствам данной нейросети стоит отнести скорость её работы (до 60 кадров в секунду), малые размеры (до 250 Мб), а также низкие требования к вычислительной мощности.

Для обучения нейронной сети была собрана база данных из 32 видео марок углубления с судов, находящихся на рейде Керченского пролива, а также балкеров мирового флота. Нейросеть обучалась распознавать 11 классов, среди которых десять цифр и буква «М». Для этого было размечено 750 изображений, на которых было выделено 6430 аннотаций. В качестве средства маркировки изображений использовался сервис «Roboflow». Для аугментации данных использовалось три вида аффинных преобразований (сдвиг, растяжение, поворот), а также зашумление изображений, в результате чего исходную выборку удалось расширить до 3750 изображений. Если оценивать точность определения без этих цифр, то она составит 93,9 %, а следовательно, высокоточная детекция цифр на изображении вполне реальна, и для дальнейшего улучшения качества работы нейросети необходимо увеличение доли редко встречающихся классов в тренировочной выборке. График зависимости метрики mAP от количества эпох, а также результаты точности определения цифр различных классов представлены на рис. 3.

Пример работы YOLO v5 на тестовом изображении приведен на рис. 4.

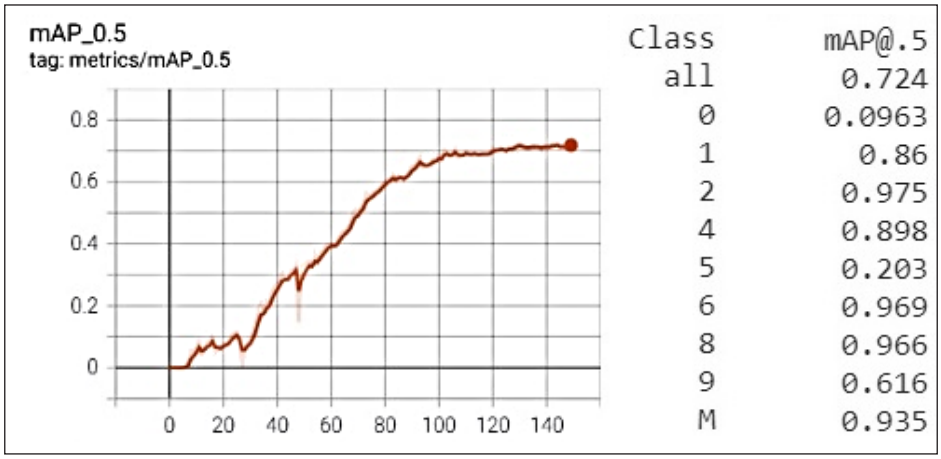


Рис. 3. Оценка точности YOLO v5 совокупная и по классам

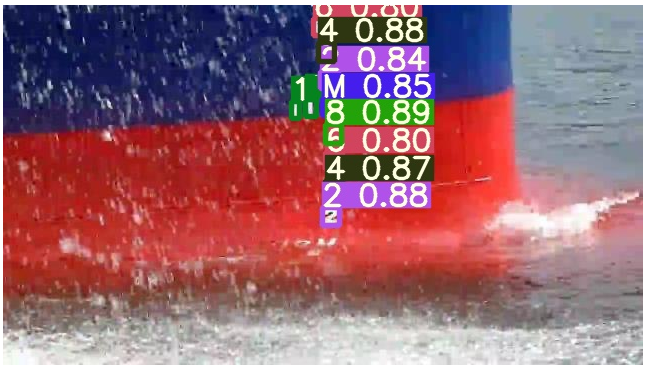


Рис. 4. Пример определения цифр марки углубления на зашумленном изображении

Определение ватерлинии. После построения координатной шкалы, привязанной к цифрам марки углубления, нам необходимо определить точку пересечения марки углубления с ватерлинией. Иными словами, перед нами стоит задача определения границы водной поверхности. Для определения границ существует множество способов, в частности, классическими являются операторы Кенни, Собеля, Прюитта, Шарра, Робертса. Как и многие другие алгоритмы компьютерного зрения, данный набор детекторов требует тщательной настройки параметров степени размытия изображений и параметров двойной пороговой фильтрации. В зависимости от настройки, условий шума на изображениях, условий освещения, детекторы могут находить как чрезмерное, так и недостаточное количество границ на изображении.

В качестве замены предлагается использовать сверточные нейронные сети. Обычно для задач сегментации применяются нейронные сети семейств R-CNN, FCN, а также U-Net и ASPP. В нашем случае было принято использовать нейронную сеть типа U-Net, поскольку она наилучшим образом подходит для разделения изображения на два класса. На нейронной сети также подается изображение размерами 640x360 пикселей, на выходе мы получаем изображение-маску, где пиксели отнесены к одному из двух классов (рис. 5).

Получение конечного значения осадки судна. Зная расположение цифр марок углубления и их реальные размеры на корпусе судна (высота каждой буквы 0.1 м), мы можем построить координатную шкалу. В качестве опорных точек берутся цифры, находящиеся рядом с «М». Так, например, если рядом с «М» находится «8», то центр прямоугольника с буквой соответствует значению осадки в 8,05 метра. Далее мы сверяем порядок расположения цифр на всем изображении. Это нужно, чтобы выявить ошибочно определенные цифры и восполнить пробелы, если некоторые цифры не обнаружены вовсе [13, 14]. По центрам прямоугольников, используя метод наименьших квадратов, мы можем построить координатную прямую. По ней мы можем определить масштаб изображения и предельную точность каждого конкретного измерения. Пример такого построения показан на рис. 6. В показанном случае один пиксель изображения соответствует 3,5 мм, что также является предельной точностью данного измерения.

Для полной автоматизации определения осадки судна в перспективе предполагается интеграция данной технологии с автономным беспилотным летательным аппаратом.

Рис. 5. Сегментация водной поверхности при помощи U-Net

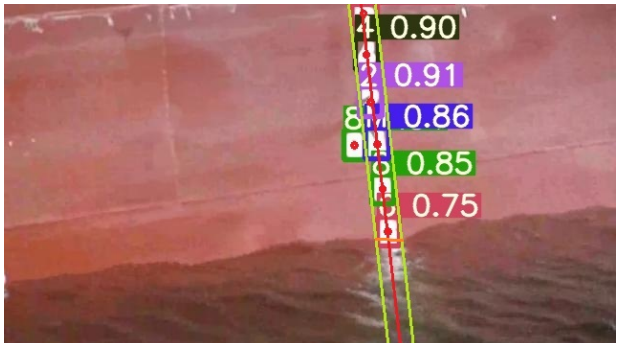


Рис. 6. Построение координатной прямой на изображении

Заключение

Идея применения технологий технического зрения к задаче определения осадки судна возникла еще в 2011 г. и параллельно развивалась несколькими группами исследователей. Тем не менее методы, основанные на классических алгоритмах компьютерного зрения, сильно подвержены влиянию шума, наличию бликов на изображении, требуют тонкой настройки перед применением и тщательного контроля со стороны человека во время работы.

Список литературы

1. Пат. 2668003 Российская Федерация, B 63 B 39/12, Устройство для измерения осадки плавучего средства на волнении / Алексеев С.В., Поляшов А.А., Кичко С.А.; заявитель и патентообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает министерство промышленности и торговли Российской Федерации. № 2017137943/17; заявл. 31.10.2017; опубл. 25.09.2018.

2. Заявка 2018100528 Российская Федерация, МПК B63B 39/12 (2006.01). Способ определения осадки судна / Дорошенко С.Ю. (РФ), Дубинко Т.Ю (РФ), Ольховик Е.О. (РФ), Тхоржевская Н.О. (РФ); патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»; заявл. 09.01.2018; опубл. 28.02.2019, Бюл. № 7; RU 2680944 C1. 8 с.

3. Боков П.А., Кравченя П.Д. Экспериментальный анализ точности и производительности разновидностей архитектур YOLO для задач компьютерного зрения // Программные продукты и системы / Software & Systems. 2020. Т. 33. № 4. С. 635–640.

4. Задача нахождения объектов на изображении. 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Задача_нахождения_объектов_на_изображении (дата обращения: 10.06.2021).

5. Ивановский А.Н., Марковкина Н.Н., Черный С.Г. Выделение марки углубления на изображении с использованием алгоритмов компьютерного зрения // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 1–2 (51). С. 102–107.

6. Ивановский А.Н. Улучшение точности измерения массы груза по осадкам с применением современных информационных технологий. Образование, наука и молодежь – 2020: сборник трудов по материалам II научно-практической конференции студентов и курсантов. 2020. С. 21–24.

7. Gu H.W., Zhang W., Xu W.H. Digital Measurement System for Ship Draft Survey. Applied Mechanics & Materials. 2013. Vol. 333–335. P. 312–316. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.333-335.312.

8. Черный С.Г., Жиленков А.А. Увеличение степени отказоустойчивости в программно-аппаратных системах сетевого управления на примере мягкого облачного хранилища // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. 2020. № 1. С. 28–35.

9. Tsujii T., Yoshida H., Iiguni Y. Automatic draft reading based on image processing. Optical Engineering. 2016. № 55 (10). P. 104–104. DOI: 10.1117/1.OE.55.10.104104.

10. Wang, Zhong, Peibei Shi, Chao Wu. A Ship Draft Line Detection Method Based on Image Processing and Deep Learning. Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1575. No. 1. IOP Publishing. 2020. P. 1–6.

11. X. Ran, C. Shi, J. Chen, S. Ying, K. Guan. Draft line detection based on image processing for ship draft survey. 2nd Int. Congr. Comput. Appl. and Comput. Sci. 2012. Vol. 2. P. 39–44.

12. Scene Text Localization & Recognition Resources 2018. [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/chongyangtao/Awesome-Scene-Text-Recognition (дата обращения: 08.06.2021).

13. Вынгра А.В., Черный С.Г., Новак Б.П., Ерофеев П.А. Разработка компонентов системы управления нейро-структурного регулятора для контроля энергетических процессов // Системы управления и обработки информации. 2020. № 4 (51). С. 27–37.

14. Вынгра А.В., Черный С.Г. Идентификация настройки пи-регулятора на платформе нейросетевой структуры // Датчики и системы. 2020. № 8 (250). С. 20–26.

СТАТЬИ

УДК 378.14:61

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО ВРАЧА

Алексеенко С.Н., Гайворонская Т.В., Дробот Н.Н.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, e-mail: mangust68@mail.ru

В статье рассмотрены педагогические методики, используемые в высшей школе, их взаимосвязь с компетентностным подходом в системе обучения будущих специалистов с высшим медицинским образованием. Ведущим направлением в качественной подготовке будущих врачей является умелое сочетание преподавателем высшей школы традиционных и современных образовательных технологий, что обеспечивает возможность включения учащихся в активную познавательную деятельность при изучении и освоении содержания учебных клинических дисциплин. В педагогике различают несколько моделей обучения: пассивная – обучаемый выступает в роли «объекта» процесса обучения – слушает и смотрит; активная – обучаемый выступает «субъектом» обучения – выполняет самостоятельную работу, решает ситуационные задачи, готовит презентации и др.; интерактивная – учебно-профессиональное взаимодействие обучающихся друг с другом и преподавателем. Традиционные и интерактивные методы обучения не являются взаимоисключающими, они дополняют друг друга, способствуя повышению у студентов интереса к избранной профессии. Приоритетное требование времени – высокая профессиональная компетентность преподавателя вуза, использование современных педагогических технологий, желание и умение заинтересовать студентов изучением преподаваемой дисциплины, чувство ответственности за подготовку врачебных кадров РФ. Профессиональная компетентность преподавателя определяет статус вуза и эффективность его работы.

Ключевые слова: медицинский вуз, студенты, преподаватели, пассивные и интерактивные методы обучения, профессиональная компетентность

PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES AND COMPETENCE APPROACH IN THE SYSTEM OF TRAINING THE FUTURE DOCTOR

Alekseenko S.N., Gayvoronskaya T.V., Drobot N.N.

Kuban State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Krasnodar, e-mail: mangust68@mail.ru

The article examines the pedagogical methods used in higher education, their relationship with the competence-based approach in the training system of future specialists with higher medical education. The leading direction in the high-quality training of future doctors is the skillful combination of traditional and modern educational technologies by a higher school teacher, which provides an opportunity for students to engage in active cognitive activity in the study and development of the content of educational clinical disciplines. Several teaching models are distinguished in pedagogy: passive – the learner acts as an “object” of the learning process – he listens and looks; active – the student acts as a “subject” of training – performs independent work, solves situational tasks, prepares presentations, etc .; interactive – educational and professional interaction of students with each other and the teacher. Traditional and active teaching methods are not mutually exclusive, they complement each other, helping to increase students’ interest in their chosen profession. The priority requirement of the time is the high professional competence of the university teacher, the use of modern pedagogical technologies, the desire and ability to interest students in the study of the taught discipline, a sense of responsibility for the training of medical personnel in the Russian Federation. The professional competence of the teacher determines the status of the university and the effectiveness of its work.

Keywords: medical school, students, teachers, passive and interactive teaching methods, professional competence

Актуальной задачей в развитии здравоохранения в РФ рассматривается подготовка высококвалифицированных врачебных кадров. В решении данного вопроса ведущая роль принадлежит медицинским вузам и педагогам, приоритетным направлением работы которых является подготовка компетентных врачей. Современное российское здравоохранение переживает процесс, в результате которого необходимо формирование качественно новой модели организации медицинской деятельности. В этих реалиях перед медицинскими вузами страны поставлены конкретные задачи о качестве подготовки специалистов, их профессиональной компетентности. По оценкам экспертов и общественных организаций, характеризующих работу специалистов в сфере здравоохранения, кроме дефицита кадров в отрасли, отмечен недостаточный уровень подготовки практикующих специалистов. Это сравнительно низкие коммуникативные навыки в общении с пациентами, ошибки в диагностике и назначении лечения, некачественное выполнение врачебных манипуляций. Выпускники вузов испытывают боязнь перед пациентами и их родственниками, отмечен ограниченный доступ в процедурные кабинеты, операционные, страх выполнения процедур из-за боязни нанести вред пациенту и недостаточного овладения практическими умениями и навыками. Следовательно, необходимо повышение качества подготовки врачей в современной жиз-

ни [1, 2]. В связи с этим значимым является развитие у студентов с первого курса обучения способности коммуникации с пациентами для изучения клинического и жизненного анамнеза, проводить объективное обследование, анализировать полученные сведения, выявлять симптомы и синдромы, определять план исследования, обобщая полученные результаты, выстроить предварительный диагноз, назначить план лечения и дополнительного обследования. Формирование и развитие указанных способностей требует достаточного объема теоретических знаний и практических умений. Все это накапливается от курса к курсу обучения, в процессе курации пациентов во время практических занятий и в период производственной практики в лечебных учреждениях. Переход на компетентностную модель подготовки специалиста с высшим медицинским образованием ставит перед преподавателями, студентами, руководством образовательных учреждений конкретные задачи. Это подготовка квалифицированных кадров педагогов-профессионалов, что важно для педагога медицинских вузов клинических кафедр, который одновременно и высококвалифицированный врач, и педагог, владеющий педагогическими технологиями, стремящийся к профессиональному росту, готовый нести ответственность за подготовку будущих врачей, которые, в свою очередь, готовы и стремятся получать профессиональные знания, умения и навыки, а также быть ответственными перед пациентами [3, 4]. Обеспечение качественной подготовки медицинских кадров базируется на внедрении и освоении современных информационных систем и новых образовательных технологий, что создает условия для освоения большого потока научной и учебной информации. Возможности получения, обработки и запоминания поступающей информации у каждого учащегося различны. В зависимости от этого люди условно делятся на аудиалов, визуалов, кинестетов [5]. Реализация подготовки компетентного специалиста строится на указанных характеристиках личности. Для создания возможности воспринимать информацию через все репрезентативные системы в учебном процессе преподавателю целесообразно использовать различные варианты форм воздействия с учетом психофизиологических особенностей студентов. При традиционной форме обучения превалирует аудиальное предоставление информации студентам – монолог преподавателя при чтении лекции, устный или письменный опрос по теме практического занятия. В современных условиях образовательный процесс, лекции и практические занятия, обязательно должен сопровождаться визуальными элементами в виде презентаций, интерпретаций рентгенограмм, данных ультразвуковой диагностики и других наглядных иллюстраций. Необходим и кинестетический компонент усвоения информации – отработка практических умений и навыков в симуляционном центре с решением стандартных и нестандартных профессиональных ситуаций. Большое внимание необходимо уделять организации и контролю над проведением производственной практики, во время которой студенты учатся и приобретают опыт практической, коммуникативной и организаторской деятельности [6]. Ведущим направлением в эффективной подготовке будущих врачей является умелое сочетание преподавателем высшей школы традиционных и современных образовательных технологий, что обеспечивает возможность включения учащихся в активную познавательную деятельность при изучении и освоении содержания учебных клинических дисциплин.

Общество в России обязывает преподавателя медицинского вуза соответствовать развитию современной науки в медицинской и педагогической сферах. Ведущее требование времени – высокая профессиональная компетентность, использование современных педагогических технологий, желание и умение заинтересовать студентов изучением преподаваемой дисциплины, владеть чувством ответственности за подготовку врачебных кадров РФ. Профессиональная компетентность преподавателя определяет статус вуза и эффективность его работы [7, 8].

Таким образом, подготовка профессионально компетентных выпускников медицинского вуза, роль преподавателей в этом сложном процессе является актуальной и присутствует необходимость в дальнейшем изучении.

Цель исследования – изучение научно-педагогической литературы по подготовке профессионально компетентных врачей с использованием педагогических технологий, формирующих теоретические и практические знания, умения, навыки. Обобщение опыта применения современных педагогических технологий в Кубанском государственном медицинском университете (КубГМУ), направленных на формирование у студентов профессиональных компетенций, определение взаимодействия преподавателя высшей школы и студентов в образовательном процессе.

Материалы и методы исследования

Достижение поставленных целей осуществлялось на основе анализа и обобщения научно-педагогической литературы, соответствующей проблеме проводимого исследования, собственного педагогического опыта работы в медицинском вузе с использованием современных педагогических технологий. Проведено добровольное анонимное социологическое исследование 238 студентов выпускного курса Кубанского государственного медицинского университета – 93 студента лечебного факультета, 75 студентов стоматологического и 70 студентов педиатрического факультета. Возраст респондентов 22–23 года. В вопросах анкеты студентам предложено оценить их отношение к интерактивным формам обучения в вузе, приобретение и совершенствование практических умений и навыков, удовлетворенность влиянием производственной практики на теоретическую и практическую подготовку.

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях развития высшего медицинского образования и подготовки компетентных специалистов имеет место единая система организационного и технологического обеспечения образовательного процесса подготовки врача, компетентность которого отвечает требованиям общества, соответствует достижениям науки и современным технологиям, применяемым в медицине. Современному выпускнику медицинского вуза необходимо иметь не только высокий уровень профессиональных знаний, умений и навыков, но уметь грамотно излагать свои мысли, адекватно вести дискуссию, аргументированно отстаивать свою точку зрения, уметь слушать коллег, логически мыслить, находить необходимую информацию и грамотно ее использовать, обладать коммуникативными способностями при общении с пациентами и их родственниками, персоналом лечебного учреждения. Для подготовки выпускника медицинского вуза, отвечающего перечисленным требованиям, целесообразен компетентностный подход в организации образовательного процесса, который заключается в создании и развитии компетенций у студентов в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС) [9]. Приоритетную роль в выполнении задач подготовки компетентных специалистов с высшим медицинским образованием играют педагогические технологии, используемые преподавателями вуза. В научной педагогической технологии разрабатываются и находят практическое применение компоненты педагогического процесса, которые должны дать ожидаемый результат подготовки врача [10]. Учебный процесс в вузе построен на принципах взаимодействия субъектов действия – преподавателя и обучающихся. В работе педагога используются традиционные/классические и современные технологии. Традиционные или классические относятся к пассивным методам, когда студент должен усвоить и воспроизвести учебный материал, полученный от преподавателя, из учебника или другого источника. Практическое занятие проходит чаще в виде устного опроса студентов – один студент отвечает, другие, в большинстве, делают вид, что слушают. В таких условиях не происходит познавательного взаимодействия студентов друг с другом – группа не вовлечена в учебный процесс. К пассивному обучению также относят лекцию-монолог: без вовлечения студентов и уточнения заинтересованности ими изучаемой дисциплины, без обратной связи лектора с аудиторией. Использование традиционных методик в современных условиях недостаточно эффективно, так как современное поколение студентов, так называемое поколение Z, получили с детства возможность взаимного общения через социальные сети, им сложно длительное время сосредотачиваться и удерживать внимание на объекте изучения. Для них типично «клиповое мышление». В профессиональной деятельности врача необходимо формирование и развитие «клинического мышления», которое является проявлением высшей формы мыслительной деятельности человека и дает возможность выполнять функции анализа и синтеза, суждения и умозаключения, обобщения. Применение этих свойств позволяет врачу решать стандартные и нестандартные профессиональные проблемы [11, 12]. В современных условиях развития науки и, в частности, педагогики важнейшим направлением рассматривается использование в учебно-познавательном процессе интерактивных форм обучения. Эти направления создают дидактические и психологические предпосылки, побуждающие обучающихся к мыслительной активности, проявлению творческого, исследовательского подхода в процессе учебной деятельности и овладении будущей профессией [13, 14]. Интерактивные формы направлены на взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом. Такая система создает условия, при которых студент может стать более уверенным в своей

когнитивной состоятельности, это делает обучение более продуктивным. Современные технологии необходимо рассматривать как целесообразность в реализации качественного обучения и повышения компетентности выпускников медицинского вуза.

Для преподавателей формирование и развитие мыслительного процесса у студентов являются вызовом для изменения подхода в технологии обучения. Кроме того, возникает необходимость интеграции клинического и клипового мышления. Древняя китайская мудрость гласит: «Скажите мне – я забуду, покажите мне – я запомню, вовлеките меня – я пойму». Следовательно, во все времена существовала проблема обучения, развития умения мыслить у обучающихся. Анкетирование студентов выпускных курсов КубГМУ показало, что в общей когорте 87,7% респондентов отдают предпочтение интерактивным формам обучения. В этой оценке на приоритеты данной формы указали 92,0% студентов стоматологического факультета, 91,5% – педиатрического и 79,5% – лечебного. На вопрос «Чем студентов привлекают интерактивные технологии организации учебного процесса?» респонденты в свободном изложении дали следующие ответы: «развивает клиническое мышление»; «повышает ответственность студентов за процесс обучения»; «заставляет думать, анализировать ошибки»; «высказывать и аргументировать свое мнение»; «это контактная работа всей группы с преподавателем»; «командная работа под контролем преподавателя»; «учит самостоятельному принятию решений». Студенты отмечают, что такая организация познавательной деятельности должна применяться более активно, особенно на старших курсах.

Распространенными среди преподавателей являются следующие интерактивные формы: круглый стол (дискуссия, дебаты); мозговой штурм; case-study (анализ конкретных ситуаций, ситуационный анализ); работа в малых группах (решение и составление ситуационных задач, разработка алгоритма диагностики различных нозологий, алгоритм диагностики и помощи при неотложных состояниях); обучающие игры (имитационные, деловые); подготовка презентаций по самостоятельно избранным студентами темам дисциплины; интерактивная лекция с применением видеоматериалов; обсуждение сложных вопросов, возникших при изучении темы.

В проводимом исследовании студентам предложено выразить свое отношение к каждой применяемой форме интерактивного обучения. Мнения респондентов представлены в таблице.

Отношение студентов к интерактивным формам обучения в вузе, абс ч, %

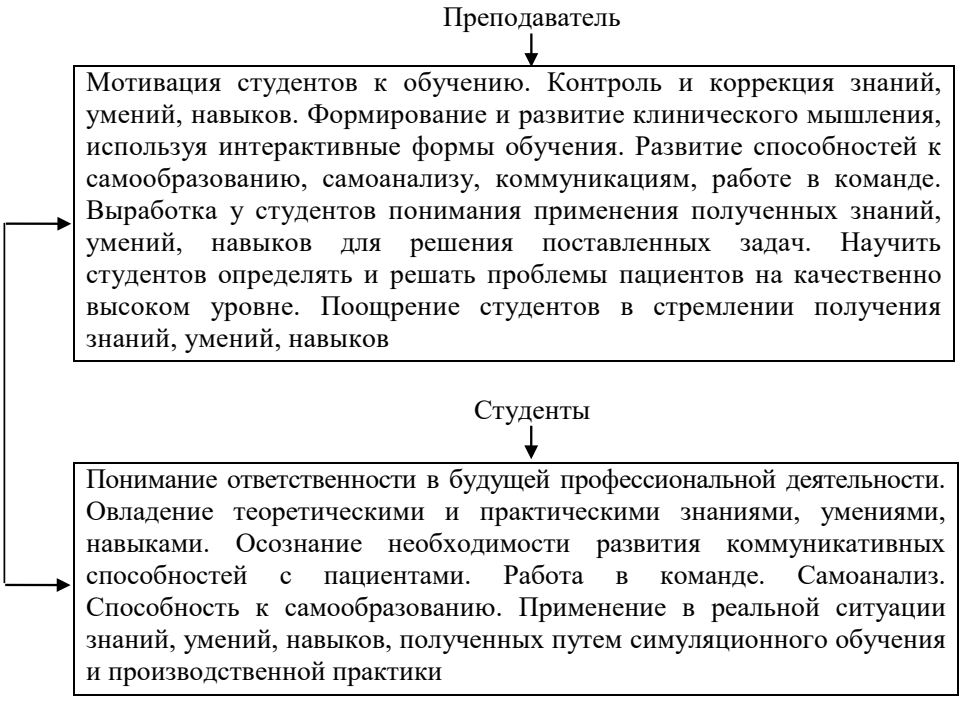
Формы обучения	Отношение студентов к формам обучения		
	положительное абс. ч. %	отрицательное абс. ч. %	ответ вызвал затруднения абс. ч. %
Круглый стол: дебаты, дискуссии (n = 238)	178 74,5	10 4,1	50 21,4
Мозговой штурм (n = 238)	177 73,8	13 5,7	48 20.5
case-study – анализ конкретных ситуаций (n = 238)	179 74,7	9 3.8	50 21,5
Работа в малых группах (n = 238)	231 97,1	0 0,0	7 2,9
Деловые игры (n = 238)	219 92.2	11 4,6	8 3,2
Подготовка презентаций (n = 238)	226 95,1	0 0,0	12 4,9
Лекции с видеоматериалами (n = 238)	232 97,6	6 2,4	0 0,0
Обсуждение сложных вопросов по изучаемой теме (n = 238)	230 96,8	0 0,0	8 3,2
Всего по формам обучения:	208 87,7	10 3,7	20 8,6

Анализ результатов показал высокий уровень интереса студентов к современным технологиям обучения. Выяснилось, что из всей когорты студентов, принимающих участие в анкетировании, 87,7% положительно оценивают интерактивное обучение. При этом наиболее познавательны и эффективны, как отмечают участники анкетирования, такие формы: «работа в малых группах», «лекции с видеоматериалами», «подготовка презентаций обучающимися по теме занятия», «обсуждение сложных вопросов по изучаемой теме». Необходимо отметить, что при проведении занятий с использованием интерактивных технологий перед преподавателем стоит вопрос выбора наиболее эффективной формы к конкретной теме занятия и целесообразности использовать сочетание нескольких форм. Решение преподавателем проблемы должно быть направлено на улучшение качества осмысления и понимания изучаемых процессов при различных патологических состояниях в организме пациента, это создаст условия к развитию у студентов стремления к самостоятельному поиску решения клинических задач.

Особенности профессии врача состоят в том, что специалист должен обладать не только теоретическими знаниями, но и практическими умениями, навыками. Для приобретения опыта практической деятельности в современных формах развития медицинского образования работают симуляционные центры, которые дают возможность отрабатывать манипуляции на муляжах, фантомах, компьютерных имитаторах. В КубГМУ создан Многопрофильный аккредитационно-симуляционный центр (Центр), отвечающий современным тенденциям развития медицинского профессионального образования. В Центре студенты, начиная с младших курсов, овладевают практическими умениями и навыками в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов. При анкетировании студентов выпускных курсов КубГМУ выяснилось, что все респонденты считают необходимой такую практико-ориентированную подготовку. Это предоставляет возможность овладеть умениями и навыками с многократными подходами, снижает эмоциональное напряжение, не наносит вред здоровью и не представляет угрозы жизни пациента. Однако необходимо понимать, что симуляционная среда – это искусственно созданная модель, в определенной степени отличающаяся от реальной жизни.

В современных условиях здравоохранению требуются выпускники высших учебных медицинских заведений, имеющие опыт практической деятельности, в том числе полученный в процессе учебно-производственной практики. Практические знания, приобретенные за время производственно практики, помогают выпускнику вуза быть конкурентоспособным при выборе врачебной специальности и успешным в дальнейшей врачебной деятельности. Поэтому организация и контроль исполнения программы производственной практики является важнейшим производным при выполнении государственного заказа на повышение качества подготовки выпускников медицинского вуза, способных квалифицированно воплощать теоретическую и практическую подготовку в будущей профессиональной работе [15]. В этом направлении большая роль принадлежит преемственности и содружеству между преподавателями вузов, ответственными за качество этого раздела подготовки врача, и руководителями, врачами, медицинским персоналом лечебного учреждения, которое является базой производственной практики.

Анализируя ответы респондентов на вопросы анкеты, выяснили, что 68,7% полностью удовлетворены производственной практикой. Высокую степень удовлетворенности (91,9%) показали студенты, зачисленные в вуз по целевому приему и выполняющие практику в муниципальных лечебных учреждениях – центральных районных больницах. Из всей когорты анкетируемых 24,7% отметили трудности доступа к пациентам и выполнению медицинских манипуляций, что служило причиной конфликтных ситуаций между сотрудниками лечебного учреждения и студентами. Почти треть опрошенных пожелали руководителям практики усилить контроль за ее организацией и эффективностью. Таким образом, подготовка квалифицированного выпускника медицинского вуза требует совместных усилий со стороны преподавателей и студентов. Это возможно при компетентностном подходе в организации учебного процесса на кафедрах и в период производственной практики. Кроме того, целесообразно комплексное взаимодействие медицинского вуза в лице ответственных за организацию производственной практики и руководителей лечебно-профилактических учреждений. В результате согласованных действий и взаимопонимания по выполнению поставленных задач получат положительный эффект обе стороны: руководители практического здравоохранения – специалистов необходимой квалификации; образовательное учреждение – повысит статус за счет подготовки компетентных будущих врачей.



Блок-схема взаимодействий преподавателя и студентов в образовательном процессе медицинского вуза

Главным ресурсом педагогического процесса является студент, его познавательная активность, стремление приобрести знания, умения и навыки для эффективной работы, стремление к саморазвитию, самообразованию, осмысленному пониманию основ деятельности врача, направленной на сохранение здоровья и жизни пациентов. Успешность реализации задач по подготовке компетентного врача также осуществляется в процессе самообразовательной деятельности студентов, совершенствованию навыков самостоятельного критического мышления в решении профессиональных задач.

Основные векторы взаимодействия участников процесса подготовки профессионально компетентного врача, отражающие взаимодействие преподавателя и студентов представлены на рисунке.

Заключение

В современных условиях развития высшего медицинского образования важным аспектом рассматривается тенденция компетентностного подхода в подготовке будущих врачей. Данная модель образования считает целесообразным творческий подход при реализации поставленных задач. Применение интерактивных педагогических технологий повышает мыслительную активность обучающихся, интерес к изучаемой дисциплине, формирует способность работы в команде. При такой организации учебного процесса студенты активно общаются друг с другом и преподавателем. Современные педагогические технологии направлены на понимание студентом того, что не его учат, а он учится. Важным составляющим в подготовке компетентного специалиста, кроме теоретической, необходимо приобретение практических навыков и умений. В этом направлении большая роль отводится симуляционному обучению и производственной практике. Достичь успеха в подготовке компетентного врача можно совместными действиями квалифицированного, ответственного преподавателя и студентов, у которых высокая мотивация к получению знаний, умений и навыков.

Список литературы

1. Романова М.М., Зуйкова А.А., Берлева С.Ю. Особенности компетентностного подхода при преподавании поликлинической терапии в медицинском вузе // Научное обозрение. Педагогические науки. 2018. № 6. С. 41–45.

2. Вишнева Е.М., Евсина М.Г., Богословская Л.В., Кутепов С.М. Роль производственной практики студентов лечебно-профилактического факультета в профессиональной подготовке специалистов // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12–3. С. 480-483.

3. Болотских В.И., Зуйкова А.А., Романова М.М., Красноруцкая О.Н. Опыт применения новых педагогических технологий на старших курсах медицинского университета // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12–3. С. 476–479.

4. Казинец В.А., Тринадцатко О.А. Компетентностная модель высшего образования // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 12–1. С. 160–165.

5. Зенкина В.Г., Сахоненко В.А., Артюшенко Б.Г., Солодкова О.А. Репрезентативные системы студентов-медиков и успешность обучения в вузе // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 1. С. 111–114.

6. Овсянникова В.В., Плотникова И.Е., Свиридова Т.Н. Производственная практика как средство профессионального развития студентов медицинского вуза // Личность, семья и общество: сб. матер. XXXIX междунар. конф. 2014. № 4. Новосибирск: СибАК, 2014. С. 149–153.

7. Мельникова И.Ю., Романцов М.Г. Особенности медицинского образования и роль преподавателя в образовательном процессе на современном этапе // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 11–2. С. 47–52.

8. Мальцева А.Н. Современные методы в учебном процессе медицинского вуза // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=29040 (дата обращения: 15.01.2021).

9. Красножон Г.А., Крыжановская О.П. Компетентностный подход как основа высшего медицинского образования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4-1. С. 228–232.

10. Тарасова С.А., Гонеев А.Д. Педагогическая технология формирования прогностической компетентности у студентов медицинского вуза // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/viewid=24082 (дата обращения: 17.11.2018).

11. Ивакина Е.Г., Панин О.Ю., Широков Ю.А. Когнитивные особенности новых поколений студентов как причина изменения подходов к методологии обучения // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 2. [Электронный ресурс]. URL:http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=30611 (дата обращения: 25.03.2021).

12. Алексеенко С.Н., Гайворонская Т.В., Дробот Н.Н. Интеграция клинического и клипового мышления студентов в образовательном процессе медицинского вуза // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 6. [Электронный ресурс]. URL: http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=29296 (дата обращения: 01.04.2021).

13. Привалова Г.Ф. Активные и интерактивные методы обучения как фактор совершенствования учебно-познавательного процесса в вузе // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=13161 (дата обращения: 15.12.2020).

14. Мухина Т.Г. Активные и интерактивные образовательные технологии (формы проведения занятий) в высшей школе: учебное пособие / Сост. Т.Г. Мухина. Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. 97 с.

15. Походенько И.В., Мухачева Е.А., Шипицына В.В., Маркова Г.А., Мамедова С.М. Проблемы студентов педиатрическогофакультетамедицинскоговуза,возникающиеприпрохождении летней производственной практики по направлению «помощник младшего медицинского персонала» // Научное обозрение. Педагогические науки. 2018. № 6. С. 36–40.

УДК 371.13:372.851

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ: ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И СОДЕРЖАНИЕ

Аргунова Н.В., Макарова С.М., Попова А.М.

ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск,
e-mail: nargunova@yndex.ru, sarmi_@mail.ru, poalmi@list.ru

Статья посвящена проблеме прохождения производственной практики по научно-исследовательской работе бакалавров педагогического образования. Практика является обязательным видом учебной деятельности обучающихся, которая связана с их профессионально-практической подготовкой. При прохождении практики бакалавры знакомятся с тематикой исследовательских работ в области образования, приобретают целостное представление о содержании, видах и формах исследовательской деятельности, а также у обучающихся формируются умения принимать самостоятельные решения при выполнении научно-исследовательской работы и практические навыки работы по направлению подготовки. В статье определены цели и задачи производственной практики, раскрыта структура практики в зависимости от семестров прохождения, описаны особенности организации и прохождения практики. В работе представлены типовые задания, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие формирование компетенций по семестрам в соответствии с индикаторами достижения универсальной и общепрофессиональной компетенций, а также даны методические рекомендации по составлению и оформлению отчета производственной практики. Прохождение практики способствует закреплению и развитию теоретических знаний бакалавров, полученных при изучении базовых дисциплин, предусмотренных учебным планом подготовки будущих учителей математики.

Ключевые слова: производственная практика, научно-исследовательская работа, практическая подготовка будущего учителя, бакалавр, формирование компетенций

INDUSTRIAL PRACTICE ON RESEARCH WORK IN THE PRACTICAL TRAINING OF FUTURE TEACHERS OF MATHEMATICS: MAIN APPROACHES AND CONTENT

Argunova N.V., Makarova S.M., Popova A.M.

North-Eastern Federal University, Yakutsk,
e-mail: nargunova@yndex.ru, sarmi_@mail.ru, poalmi@list.ru

The article is devoted to the problem of practical training in the research work of bachelors of pedagogical education. Practice is a mandatory type of educational activity of students, which is associated with their professional and practical training. During the internship, bachelors get acquainted with the topics of research works in the field of education, acquire a holistic idea of the content, types and forms of research activities, as well as students develop the ability to make independent decisions when performing research work and practical skills in the field of training. The article defines the goals and objectives of the industrial practice, reveals the structure of the practice depending on the semesters of the passage, describes the features of the organization and the passage of the internship. The paper presents standard tasks defining the procedures for assessing knowledge, skills, and (or) experience of activity, characterizing the formation of competencies for semesters in accordance with the indicators of achieving universal and general professional competencies, as well as methodological recommendations for the preparation and design of the report of industrial practice. Practical training contributes to the consolidation and development of theoretical knowledge of bachelors obtained in the study of basic disciplines provided for in the curriculum for the training of future teachers of mathematics.

Keywords: industrial practice, research work, practical training of a future teacher, bachelor, the formation of competencies

Основой закрепления теоретических знаний у студентов в вузе является практическая подготовка, которая представляет собой составную часть образовательной программы высшего образования и преследует цель подготовки студентов для профессионально-производственной деятельности.

В пункте 24 статьи 2 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» практическая подготовка определяется как «форма организации образовательной деятельности при освоении образовательной программы в условиях выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенции по профилю соответствующей образовательной программы» [1]. Практика как форма организации образовательной деятельности является составной частью практической подготовки обучающихся. В положении о практической подготовке

обучающихся указывается, что она организуется при проведении практики «путем непосредственного выполнения обучающимися определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью» [2].

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (уровень бакалавриат) [3] научно-исследовательская работа относится к типу производственной практики (далее «Производственная практика НИР»). Научно-исследовательская работа является не только составной частью образовательного процесса, но и значимой частью научно-исследовательской деятельности студента, которая призвана закреплять и систематизировать результаты теоретического обучения, выработать профессиональные умения и навыки [4].

Общая трудоемкость производственной практики НИР составляет 9 зачетных единиц. НИР проводится в соответствии с рабочим учебным планом в 6-м семестре 3-го курса и в 7-м и 8-м семестрах 4-го курса обучения.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования стала научная, научно-методическая литература, среди которой особое внимание заслуживает проблема измерения и оценки компетенций, связанная с организацией научно-исследовательской деятельности бакалавров.

Целями производственной практики НИР являются подготовка студента к проведению научно-исследовательской работы в области методики обучения математике, закрепление теоретических знаний, формирование и развитие профессиональных умений и навыков.

Задачи научно-исследовательской работы:

− развитие исследовательского мышления студентов;

− развитие творческого потенциала и профессионального мастерства;

− формирование умений сбора, обработки и интерпретации экспериментальных и эмпирических данных;

− формирование умения выбора и использования методов исходя из целей и задач конкретного научного исследования;

− формирование умения анализировать полученный материал и представлять результаты исследования;

− усвоение навыков ведения библиографической работы;

− проведение экспериментального исследования.

Производственная практика НИР проводится на кафедре методики преподавания математики и в школах, расположенных на территории города Якутска. В зависимости от семестров прохождения она опирается на изучение следующих дисциплин: «Основы учебной научно-исследовательской деятельности», «Педагогика», «Психология», «Общая теория и методика обучения», «Методика обучения математике», «Элементарная математика». Кроме этого, опорой служат практики: «Производственная педагогическая практика», «Производственная методическая практика», «Производственная проектно-технологическая практика (методика обучения математике)». Основным результатом производственной практики НИР является выполнение экспериментальной части выпускной квалификационной работы, проводимой в базовой организации.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание производственной практики НИР направлено на формирование универсальной компетенции УК-1, которая является способом процессной и результирующей оценки качества по интегративным показателям, это основа для проектирования общепрофессиональных компетенций [5, с. 80]. Также студенты должны овладеть общепрофессиональной компетенцией ОПК-8, которая призвана обеспечить готовность осуществлять педагогическую деятельность на основе специальных научных знаний.

Изучение индикаторов компетенций с учетом их взаимосвязи дает возможность планировать организацию, структуру и функции системы образования [5, с. 78]. Формирование компетенции УК-1 при прохождении производственной практики по НИР реализуется через формирование следующих индикаторов: обучающийся анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; обосновывает выбор метода поиска и анализа информации для решения поставленной задачи; при обработке информации формирует собственные мнения и суждения на основе системного анализа, аргументирует свои выводы и точку зрения; предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки. При формировании общепрофессиональной компетенции ОПК-8 студент должен овладеть методами научно-педагогического исследования в предметной области; осуществлять урочную и внеурочную деятельность согласно освоенному профилю подготовки в соответствии с психофизиологическими, возрастными, познавательными

особенностями обучающихся в ходе производственной практики.

Непосредственное руководство и контроль НИР осуществляет научный руководитель студента из числа преподавателей кафедры. Научный руководитель оценивает работу студентов в 6-м, 7-м, 8-м семестрах и заполняет текущую учебную документацию. Это связано с тем, что для успешной научно-исследовательской деятельности студентов должна быть выстроена работа «по педагогическому управлению и формированию индивидуальной траектории студента по выполнению исследовательской деятельности» [6].

Структура производственной практики НИР предусматривает несколько этапов.

На *установочном этапе* обучающиеся знакомятся с целями и задачами НИР, рабочей программой и отчетной документацией; выбирают научного руководителя, составляют план научно-исследовательской работы и согласуют его с научным руководителем.

Основной этап научно-исследовательской работы состоит из двух периодов.

Первый период основного этапа осуществляется в 6-м, 7-м семестрах. Здесь проводятся выбор темы НИР, обоснование актуальности, анализ и изучение теоретической основы научного исследования, составляется библиографический список. Осуществляется работа по определению научного аппарата исследования. Составляется индивидуальный план и разрабатываются содержание, программа НИР, выбирается организация, на базе которой будет осуществляться научно-исследовательская работа, подбираются методы и технологии для ее проведения. Также студенты знакомятся с условиями, режимом работы, изучают документы выбранной образовательной организации, проводят констатирующий и формирующий этапы педагогического эксперимента. В конце представляют отчет о проделанной работе.

Второй период проводится в 8-м семестре 4-го курса. В данном периоде происходят завершение и редактирование текста научно-исследовательской работы. Он включает подготовку статей докладов и выступление на научных конференциях по теме исследования.

Итоговый этап – оформление отчета о результатах НИР, выступление на заседании выпускающей кафедры.

Кафедра определяет виды, содержание и критерии оценки, которые отражаются в программе НИР студента. Примерный перечень видов НИР включает в себя:

− выполнение заданий научного руководителя в соответствии с планом НИР студента;

− осуществление самостоятельного исследования по актуальной проблеме методики обучения математики в рамках курсовой и выпускной работ;

− работу с литературными источниками с привлечением современных информационных и коммуникационных технологий;

− участие в конкурсах, конференциях различного уровня;

− представление итогов проделанной работы в виде отчетов, рефератов, статей, оформленных в соответствии с имеющимися требованиями.

В отчете студента отражаются виды, содержание и сроки выполнения НИР в определенном семестре. Содержание НИР разрабатывается студентом, согласовывается с научным руководителем и проходит обсуждение в рамках научного кружка. Результаты НИР в конце каждого семестра отражаются в соответствующих отчетах.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по практике включает в себя:

− перечень компетенций и индикаторов их достижения в процессе освоения образовательной программы;

− описание показателей и критериев оценивания компетенций;

− типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения образовательной программы;

− методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций.

Компетенции УК-1 и ОПК-8 формируются при выполнении следующих типовых заданий, представленных в таблице по семестрам в соответствии с индикаторами достижения компетенций.

Обучающийся по окончании практики формирует отчет, который включает в себя: титульный лист; план проведения практики; индивидуальное задание; содержание НИР; общую характеристику работы (2–3 страницы); основное содержание работы (10–12 страниц); список литературы; приложения; отзыв-характеристику научного руководителя практики.

Общая характеристика работы, которая по объему не должна быть более одной десятой части всего отчета, состоит из обоснования выбора темы и ее актуальности; оценки научной разработанности темы; объекта и предмета исследования; целей и задач; методов исследования, практической значимости темы исследования.

Типовые задания производственной практики НИР

Индикаторы достижения компетенций	Задания
6-й семестр	
УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	1. Изучите и выясните сущность основных составляющих научно-исследовательской работы. 2. Выберите и сформулируйте тему научного исследования; проведите наблюдение на уроках математики в базовой образовательной организации с целью выявления проблемы исследования. 3. Опишите выбранные вами методы исследования, в том числе методы сбора и обработки информации. 4. Выделите основные этапы исследования
УК-1.2 Обосновывает выбор метода поиска и анализа информации для решения поставленной задачи	1. Изучите процесс формирования и развития гипотез. Сформулируйте основные требования к формированию гипотез. 2. Изучите состояние исследуемого вопроса по литературным источникам и составьте библиографический список
ОПК-8.1 Демонстрирует специальные научные знания, в том числе в предметной области	1. Обоснуйте актуальность выбранной темы и сформулируйте цель исследования, определите объект и предмет исследования. 2. Сформулируйте исходную гипотезу и следствия из нее, определите задачи исследования. 3. Сформулируйте предполагаемую новизну, практическую значимость исследования. 4. Сформируйте глоссарий по основным понятиям и терминам, входящим в тему научного исследования
7-й семестр	
УК-1.2 Обосновывает выбор метода поиска и анализа информации для решения поставленной задачи	1. Актуализируйте составленный список литературы. 2. Изучите научную литературу по проблеме исследования (монографии, научные статьи и тезисы, отчеты о научно-исследовательской работе, диссертации и авторефераты)
УК-1.3 При обработке информации формирует собственные мнения и суждения на основе системного анализа, аргументирует свои выводы и точку зрения	1. Составьте развернутый план педагогических исследований по теме исследования. 2. При планировании определите цель и задачи эксперимента, проводимого в базовой образовательной организации, опишите методику выбора экспериментальной и контрольной групп, выберите и опишите методику сбора экспериментальных данных, обработки полученных результатов и методы математической обработки результатов педагогического эксперимента
ОПК-8.1 Демонстрирует специальные научные знания, в том числе в предметной области	1. Уточните тему научного исследования. 2. Скорректируйте методологический аппарат научного исследования. 3. Опишите констатирующий и формирующий этапы педагогического эксперимента в ходе производственной практики
ОПК-8.2 Осуществляет урочную и внеурочную деятельность в соответствии с предметной областью согласно освоенному профилю (профилям) подготовки, применяя специальные научные знания в соответствии с психофизиологическими, возрастными, познавательными особенностями обучающихся, в том числе с особыми образовательными потребностями	1. Выполните логико-математический, методический анализ учебного материала для урочной и внеурочной деятельности обучающихся с целью последующего его структурирования и дидактической обработки в рамках научно-исследовательской работы. 2. Смоделируйте учебно-методические материалы по теме исследования на основе анализа программы по математике и школьных учебников, действующих в базовой образовательной организации, применяя специальные научные знания, в соответствии с психофизиологическими, возрастными, познавательными особенностями обучающихся
8-й семестр	
УК-1.3 При обработке информации формирует собственные мнения и суждения на основе системного анализа, аргументирует свои выводы и точку зрения	1. Составьте тезаурус своей исследовательской работы, выписав все используемые научные термины, сгруппируйте их в смысловые блоки, выделите в каждом блоке ключевые слова. 2. Проанализируйте свой список литературы. В представленном списке выделите литературу по разделам: история математики и история математического образования; психология; педагогика; методика обучения математике; методология математики; математика. 3. Составьте библиографический аппарат научной работы, который представлен библиографическим списком и библиографическими ссылками, оформленными в соответствии с требованиями государственного стандарта

Окончание табл.

Индикаторы достижения компетенций	Задания
УК-1.4 Предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки	1. Осуществите редакцию текста вашей работы: а) объясните новые термины-понятия; б) уберите неуместные повторы одних и тех же терминов; в) избавьтесь от лишних научных терминов. 2. Подготовьте презентацию научно-исследовательской работы, используя основные правила разработки презентации
ОПК-8.3 Владеет методами научно-педагогического исследования в предметной области	1. Опишите контрольный этап педагогического эксперимента. 2. Представьте краткий обзор результатов исследования и напишите заключение вашей исследовательской работы

Основное содержание работы. В первой главе необходимо рассмотреть теоретический аспект изучаемой проблемы, который позволит правильно оценить точки зрения отечественных и зарубежных ученых. Во второй главе отражаются методические материалы, разработанные автором на основе теоретических положений и сложившейся практики. При обзоре литературы необходимо не только описать различные точки зрения, но и сформулировать свою позицию по исследуемой проблеме. В заключение отчета излагаются выводы по каждой поставленной задаче исследования.

В *списке используемых источников* указывают сведения об учебниках, учебных пособиях, монографиях и статях отечественных и зарубежных авторов, электронных ресурсах и ином, использованных при выполнении отчета по производственной практике (НИР). В *приложения* включают материалы, которые не вошли в основной текст. Оно носит вспомогательный характер, но является необходимым для полноты информации о научной работе.

Заключение

Проведение производственной практики НИР свидетельствует о формировании указанных компетенций. Результатом научно-исследовательской работы студента, проведенной во время производственной практики, являются участие в научно-практических конференциях, публикационная активность и подготовка экспериментальной части выпускной квалификационной работы. Так, в 2018–2019 учебном году 89% студентов участвовали в научных конференциях, опубликовали статьи – 34%; в 2019–2020 учебном году – 92% и 42%; в 2020–2021 учебном году – 96% и 48% соответственно.

Таким образом, комплексность разработки основных подходов и содержания производственной практики по научно-исследовательской работе обусловливает регламентацию требований компетентностного подхода в соответствии с основными видами практической подготовки студента по направлению «Педагогическое образование», вариативность реализации основных профессиональных образовательных программ.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.06.2021). [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/b819c620a8c698de35861ad4c9d9696ee0c3ee7a/ (дата обращения: 15.07.2021).

2. Приказ Министерства науки и высшего образования РФ и Министерства просвещения РФ от 5 августа 2020 г. N 885/390 «О практической подготовке обучающихся». [Электронный ресурс]. URL: http://ivo.garant.ru/#/document/74626874/paragraph/1:0 (дата обращения: 15.07.2021).

3. Федеральный государственный образовательный стандарт Высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (уровень бакалавриата). [Электронный ресурс]. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/440301.pdf (дата обращения: 15.07.2021).

4. Аргунова Н.В., Макарова С.М., Попова А.М. Методологические основы выпускной квалификационной работы бакалавров по методике обучения математике // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 3. С. 125-129.

5. Измерение и оценка сформированности универсальных компетенций обучающихся при освоении образовательных программ бакалавриата, магистратуры, специалитета: коллективная монография / под науч. ред. д.п.н. И.Ю. Тархановой. Ярославль: РИО ЯГПУ, 2018. 383 с.

6. Киндяшова А.С. Организация научно-исследовательской деятельности студентов педагогического вуза с применением элементов коучинг-подхода // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 2. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=29664 (дата обращения: 09.07.2021).

УДК 378.147.88

ДИАГНОСТИКА РЕФЛЕКСИВНОГО КОМПОНЕНТА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ

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 представлена разработанная авторами методика диагностики рефлексивного компонента компетенций, выражающихся в способности осуществлять экспериментальные исследования, а также приводится эмпирическое обоснование данной методики. Разработанная методика предназначена для оценивания уровня сформированности рефлексивного компонента указанных компетенций, выяснения недостатков в организации соответствующей деятельности обучающихся и создания условий для развития их рефлексивного мышления. На основе рассмотрения рефлексии как механизма самопознания, организации и совершенствования деятельности составлена модель рефлексивной деятельности обучающегося, сопровождающей выполнение экспериментального исследования в лабораторном практикуме, разработаны процедура и структура средств диагностики. В результате исследования выявлена статистически значимая положительная связь показателя развития рефлексивного компонента, определенного по разработанной методике, с показателем системной рефлексии, измеренным с помощью Дифференциального теста рефлексивности, разработанного Д.А. Леонтьевым и Е.Н. Осиным, что говорит о релевантности предлагаемой методики целям диагностики рефлексивных составляющих компетенций. Представленная диагностическая методика может быть полезна в практической деятельности преподавателей естественнонаучных дисциплин, осуществляющих контрольно-оценочную деятельность в процессе формирования исследовательских компетенций обучающихся по техническим специальностям и направлениям подготовки в рамках лабораторных практикумов.

Ключевые слова: диагностика компетенций, общепрофессиональные компетенции, рефлексивный компонент компетенций, рефлексия, лабораторный практикум

DIAGNOSTICS OF THE RESEARCH COMPETENCES REFLEXIVE COMPONENT

Biryukova I.P., Baklanov I.O.

Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, e-mail: ipbir95@mail.ru

The paper presents a technique for diagnosing the reflexive component of research competencies and also provides an empirical validation of this technique. The developed technique is designed to assess the level of these competencies reflexive component formation and to find out the shortcomings in the organization of the corresponding students' activity and to create conditions for the development of their reflexive thinking. Based on the specifics of reflection as a mechanism for self-experience, organizing and improving activities, a model of the students' reflexive activity that accompanies the experimental study in the laboratory practice has been created as well as a procedure and structure of diagnostic instruments. The indicator of the reflexive component development measured with the presented method showed statistically significant positive correlation with the indicator of systemic reflection measured by means of the Differential Test of Reflection developed by D.A. Leontiev and E.N. Osin. The result testifies to relevance of the proposed technique to the goals of competencies reflexive components diagnostics. The presented diagnostic technique can be useful in the practical activities of sciences teachers who control and assess formation of research competencies of students in technical specialties and areas of training during laboratory practices.

Keywords: diagnostics of competencies, general professional competencies, reflexive component of competencies, reflection, laboratory work

Одним из первостепенных направлений развития системы высшего профессионального образования в соответствии с компетентностной концепцией является разработка адекватного инструментария диагностики формирования компетенций обучающихся. Задаваемые федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС ВПО) универсальные и общепрофессиональные компетенции рассматриваются как системные личностные новообразования, которые планируется формировать на протяжении всего периода обучения в вузе. В целях диагностики этого процесса исследователи выделяют компоненты компетенций, сформированность которых оценивается разными методами и на разных этапах обучения. Анализ публикаций по данной тематике показал, что в настоящее время не разработана общепринятая структура компетенций для решения задач диагностики, но многие исследователи признают необходимость рассмотрения рефлексивного компонента и предлагают для него специфические средства диагностики. Например, Е.А. Троицкая представила модель исследовательской компетентности, в составе которой содержится рефлексивный компонент как способность к анализу и оценке результатов и качества выполняемых научных исследований [1]. Е.И. Гринченко, О.И. Курдуманова, И.Б. Гилязова, Л.А. Жарких рассматривают рефлексивный компонент химических компе-

тенций, который предполагает осознание и коррекцию цели и процесса деятельности, осмысление ее результатов [2].

В научно-методических публикациях последних лет, описывающих опыт преподавателей высшей школы, продемонстрировано, что для формирования универсальных и общепрофессиональных компетенций на начальном этапе обучения в вузе широко используется лабораторный практикум [3, 4]. Поэтому диагностика формирования рефлексивных составляющих этих компетенций является актуальной задачей при проведении лабораторных занятий.

Общепризнанными методами развития и диагностики способностей к рефлексии являются активные методы организации коллективной рефлексивной деятельности обучающихся: кейсы, проектные методы, дискуссии, обсуждение хода и результатов выполненной работы [4, 5]. Для диагностики навыков рефлексии используются также методы самооценивания, взаимооценивания и экспертных оценок с применением анкет, карт, таблиц рефлексии [6, 7]. В частности, Р.Г. Габдрахманова, Р.М. Хусаинова, С.Е.Чиркина предлагают использовать карты рефлексии, в которых отражаются результаты оценивания учебных достижений самим обучающимся, его сокурсником, преподавателем изучаемой дисциплины, экспертом, в качестве которого может быть приглашен потенциальный работодатель [8]. Однако рассмотренные методы трудно реализовать в условиях оперативной текущей диагностики лабораторного практикума в технических вузах из-за ограниченности временных и кадровых ресурсов.

Многие исследователи эффективным методом формирования и оценивания рефлексивного компонента компетенций считают комплектование портфолио обучающегося. Например, Э.Ф. Зеер и Л.Н. Степановой эмпирически выявлена взаимосвязь между формированием портфолио и уровнем развития рефлексивного компонента [9]. Данный метод предполагает накопление продуктов деятельности и результатов оценивания учебных достижений обучающихся в течение всего периода профессиональной подготовки в вузе и не подходит для диагностики уровня сформированности рефлексивного компонента на начальном этапе.

Для оценивания рефлексивных компонентов компетенций используются также различные психодиагностические методики. В частности, в исследовании Е.А. Суховиенко и Д.И. Абдрахимовой уровень развития рефлексивности диагностировался по методике А.В. Карпова и В.В. Пономаревой [10]. По нашему мнению, психодиагностические методики в рамках лабораторных практикумов неэффективны, так как они приводят к нерациональным затратам временных ресурсов и искажениям результатов в соответствии с эффектами социальной желательности из-за невозможности соблюдать анонимность опросов.

Таким образом, на основе анализа научно-методических публикаций можно сделать вывод о недостаточной разработанности методик диагностики рефлексивного компонента, которые были бы оптимальными при проведении лабораторных занятий по естественнонаучным дисциплинам для обучающихся по техническим направлениям подготовки.

В связи с этим цель представленного в статье исследования состояла в разработке методики диагностики рефлексивного компонента компетенций, выражающихся в способности осуществлять экспериментальные исследования, а также в теоретическом и эмпирическом обосновании данной методики. Разработанная методика предназначена для использования в лабораторных практикумах по естественнонаучным дисциплинам. Целевые для нашего исследования компетенции в тех или иных формулировках имеются в современных ФГОС ВПО для большинства технических специальностей и направлений подготовки. Например, для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» задается общепрофессиональная компетенция «Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных» (ОПК-4), которая входит в категорию «Исследовательская деятельность» [11].

Материалы и методы исследования

В целях разработки диагностической методики в структуре исследовательских компетенций, формируемых в лабораторных практикумах, выделены мотивационно-ценностный, когнитивный, деятельностный и рефлексивный компоненты. Мотивационно-ценностный компонент представляет собой систему мотивов и ценностных ориентаций, направленных на освоение методологии проведения экспериментальных исследований в сфере предстоящей профессиональной деятельности. Когнитивный компонент включает знания предметной области изучаемой дисциплины и методологии экспериментальных исследований. Деятельностный компонент характеризуется умениями, навыками и опытом репродуктивных и продуктивных видов экспери-

ментальной деятельности. Рефлексивный компонент выполняет регулирующую и развивающую функцию в процессе выполнения экспериментов и формирования соответствующих компетенций.

Рефлексивный компонент связан с феноменом рефлексии, которая во многих педагогических исследованиях рассматривается как вид деятельности, имеющей целью анализ и оценку собственного мышления и выполняемой практической деятельности. Рефлексия является внутренним условием саморазвития обучающегося, от которого зависят все формирующиеся в процессе обучения личностные новообразования, в том числе и рассматриваемые в нашей работе компетенции и их компоненты. На основе рефлексии происходит осознание обучающимся социальной и личностной значимости своей будущей профессии и образования, поэтому она обеспечивает развитие мотивационно-ценностного компонента. Рефлексивный анализ выполняемой деятельности способствует освоению эффективных способов ее осуществления, а также обобщению и переносу полученного опыта в другие ситуации и тем самым обеспечивает развитие деятельностного компонента. Рефлексия включает критический анализ знаний и методов познания, поэтому она играет ведущую роль в формировании когнитивного компонента. Рефлексивное мышление также содействует развитию таких личностных качеств, как самостоятельность, ответственность, предприимчивость, адаптивность к изменяющимся условиям деятельности, стремление к саморазвитию, открытость новому опыту.

В психологических исследованиях рефлексия рассматривается как психическая реальность, существующая в трех аспектах: свойство личности (рефлексивность), психическое состояние (рефлексирование) и рефлексия как процесс. А.В. Карпов различает рефлексию, направленную на содержание своей собственной психики, и рефлексию, ориентированную на понимание психики других людей [12]. В нашей статье мы рассматриваем аспект качества осуществления процесса рефлексии, сопровождающего выполнение экспериментального исследования и обусловливающего готовность обучающегося к самостоятельной учебной и профессиональной деятельности и саморазвитию.

С другой стороны, в психологических исследованиях выделяются виды рефлексии, которые являются конструктивными для осуществления и усовершенствования деятельности, и виды рефлексии, имеющие деструктивный характер для этих целей. Д.А. Леонтьев и Е.Н. Осин показали, что конструктивным видом рефлексии является системная рефлексия, которая одновременно направлена на актуальную ситуацию осуществляемой деятельности и на себя как субъекта этой деятельности [13]. Нас будет интересовать корреляция этого вида рефлексии с результатами разработанной диагностической методики.

При разработке методики диагностики рефлексивного компонента исследовательских компетенций в рамках лабораторных практикумов мы принимали во внимание те составляющие рефлексии, которые направлены на выполнение диагностирующей, регулирующей и развивающей функций, то есть способствуют освоению, саморегуляции и совершенствованию деятельности, развитию личностных качеств и постановке задач саморазвития. В связи с этим цели разрабатываемой методики нами определены как оценивание уровня сформированности рефлексивного компонента компетенций в проведении экспериментальных исследований, выяснение недостатков в организации соответствующей деятельности обучающихся для коррекции организационно-педагогических воздействий, а также создание условий для развития рефлексивного мышления обучающихся.

В соответствии с поставленными целями сформулированы требования к диагностическому средству и процедуре его использования. Средство и процедура диагностики должны соответствовать логике рефлексивного процесса и способствовать организации интеллектуальной деятельности обучающегося, направленной на получение нового знания о себе и качестве выполняемой деятельности, степени ее освоения и необходимости ее усовершенствования. С другой стороны, диагностическая методика должна удовлетворять требованию адаптированности к содержанию и формам обучения, в которых оно будет использоваться. При разработке диагностирующего средства мы также руководствовались требованиями полноты, целостности, функциональности, рациональности объема и практичности.

Для проверки конструктной валидности устанавливалось наличие корреляционной связи показателя развития рефлексивного компонента, определяемого по разработанной методике, с показателем системной рефлексии, измеряемым с помощью Дифференциального теста рефлексивности (ДТР), разработанного Д.А. Леонтьевым и Е.Н. Осиным [13]. Для этого было проведено исследование, в котором участвовали 63 курсанта первого курса ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». По-

скольку Д.А. Леонтьевым и Е.Н. Осиным показано, что на показатель системной рефлексии не влияет неанонимность предъявления ДТР [13], данный опросник предъявлялся в нашем исследовании неанонимно. Исследование проводилось в рамках лабораторного практикума по физике. Для проверки статистических гипотез использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе рассмотрения рефлексии как механизма самопознания, организации и совершенствования деятельности, составлена модель рефлексивной деятельности обучающегося, сопровождающей выполнение экспериментального исследования в лабораторном практикуме и организуемой для формирования и диагностики рефлексивного компонента компетенции ОПК-4 и аналогичных компетенций. Предметом данной деятельности являются собственные умственные и практические действия обучающегося при выполнении лабораторных работ, цели, условия, методики, средства и результаты осуществляемых экспериментальных исследований. В разработанной модели мы не учитываем рефлексию взаимодействия с другими людьми в процессе выполнения экспериментов и представления их результатов. Потребность в рефлексивной деятельности у обучающегося возникает, когда он сталкивается с затруднениями и противоречиями, в частности с несоответствием полученных результатов выполняемых экспериментов ожидаемым. Мотивы рефлексивной деятельности формируются на основе представлений о рефлексии как механизме, который обеспечивает формирование готовности будущего специалиста к самостоятельному решению проблем и задач, относящихся к сфере предстоящей профессиональной деятельности, а также развитие способностей к самоконтролю, самоорганизации и самообразованию. Средствами рефлексивной деятельности являются интеллектуальные навыки, связанные с выполнением мыслительных операций, таких как анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Результатом являются эмоционально окрашенные оценочные суждения о процессе осуществления эксперимента, его результатах, уровне необходимых знаний и умений, проявленных личностных качествах, а также найденные способы корректировки непродуктивных действий и ориентировочный план дальнейшего освоения методологии экспериментальных исследований. К результатам рефлексивной деятельности можно также отнести сформированность рефлексивных умений и мотивов к активности такого рода.

Содержание рефлексивной деятельности определено на основе рассмотрения регулирующей и развивающей функций рефлексии, состоящих в том, что в ее процессе происходит осознание соответствия собственных способов действий требованиям к результатам деятельности, самооценка своих знаний и умений, личностных качеств, проявляющихся в процессе выполнения экспериментов, осознание необходимости и направлений дальнейшего развития. Благодаря организуемой рефлексивной деятельности обучающийся должен совершенствовать операционный состав осваиваемой деятельности и систему актуальных знаний, у него должны развиваться способности к целеполаганию, адекватному самооцениванию, активному поиску и устранению ошибок, формироваться представление о собственной компетентности, стремление к саморазвитию.

В соответствии с этим в рефлексивной деятельности обучающегося при выполнении лабораторных работ выделены следующие подвергаемые диагностике компоненты: осознание цели исследования и критериев ее достижения, осознание целей выполняемых действий на каждом этапе исследования и критериев их результативности и оптимальности, анализ сделанных ошибок и путей их выявления и устранения, анализ причин затруднений, осознание внешних и внутренних факторов, препятствующих достижению цели деятельности, осознание значимости осуществляемой деятельности для собственного развития и предстоящей профессиональной деятельности, выявление собственных склонностей и интересов, получение четкого представления об имеющихся недостатках в знаниях и умениях и необходимости их устранения в дальнейшем обучении, оценивание качества проделанной работы и определение возможных показателей и критериев качества проводимых исследований и учебной деятельности в целом, определение перспектив и направлений саморазвития.

Процедура диагностики состоит в предъявлении обучающемуся измерительных материалов, которые представляют собой задания на выполнение определенных рефлексивных действий. В этих заданиях требуется письменно завершить соответствующие высказывания после анализа своих действий в процессе выполнения лабораторной работы. Ниже представлен пример бланка листа рефлексии (рисунок).

Группа _____ФИО_____ЛР №_____

1. Цель работы (*ожидаемый результат*):_____

Цель работы достигнута (не достигнута), так как (*напишите, почему Вы приняли такое решение*)_____

2. В качестве источника света я использовал _____, потому что_____

3. При выполнении работы я лучше всего сделал_____

так как (*напишите, почему Вы так решили*) _____

4. В процессе работы я допустил следующие ошибки: _____

Чтобы их **обнаружить,** я *(напишите, что сделали)*_____

Чтобы их **исправить,** я *(напишите, что сделали)*_____

5. Мне было трудно сделать _____

потому что *(укажите причину)*_____

6. Препятствиями при выполнении работы были: *(укажите, что зависело от Вас)*____

(укажите, что ***не*** *зависело от Вас)*_____

Их можно устранить, если *(напишите, что нужно сделать)*_____

7. В процессе выполнения работы меня заинтересовало _____

потому что _____

ничего **не** заинтересовало, потому что_____

8. При выполнении работы я **научился** *(напишите, что наиболее полезно для Вас)*____

узнал *(напишите, что наиболее полезно для Вас)* _____

Это пригодится в дальнейшем при _____

9. Для успеха в дальнейшем обучении мне необходимо: **научиться** _____

п**овторить** _____

*(другое)*_____

10. Я оцениваю качество моей работы на «_____», так как (*напишите, почему Вы приняли такое решение*) _____

Бланк листа рефлексии

В целях стимулирования и организации рефлексивных процессов во время выполнения экспериментального исследования и на стадии оценивания полученных результатов листы рефлексии раздаются в начале занятия и заполняются обучающимся по мере его готовности сделать требуемое умозаключение. Следовательно, в разработанном диагностическом средстве учитываются результаты ситуативной, ретроспективной и перспективной рефлексий. Заполненный лист рефлексии забирается преподавателем в конце занятия на проверку вместе с отчетом о проделанной лабораторной работе. Количественный показатель сформированности рефлексивного компонента представляет собой сумму баллов за ответы на задания. Оценочная шкала имеет диапазон изменения данного показателя от нуля до сорока баллов. Критерии начисления баллов за выполнение каждого задания показаны в таблице.

По результатам эксперимента выявлена статистически значимая слабая положительная корреляционная связь между показателем развития рефлексивного компонента, определенным по разработанной методике, и показателем системной рефлексии, измеренным с помощью ДТР (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $\rho = 0{,}31$, $p < 0{,}05$). Слабость обнаруженной связи объясняется тем, что в соответствии с целями диагностики показатель рефлексивного компонента по разработанной методике включает оценку качества рефлексивного процесса: глубину и развернутость анализа собственных действий и ситуации конкретного экспериментального исследования, логичность сделанных умозаключений. Причем качество рефлексивного процесса зависит от качества выполнения лабораторной работы и представлений обучающегося о характере своей будущей профессиональной деятельности. В то же время опросник ДТР диагностирует системную рефлексию безотносительно к содержанию деятельности, которую она сопровождает.

Шкалы оценивания заданий листа рефлексии

Баллы	Критерии оценивания выполнения задания
Задания 1, 2, 3, 5, 7, 10 (ответ предполагает утверждение с обязательным обоснованием)	
0	Нет ответа или отказ от ответа
1	Есть попытка дать ответ, но дан формальный ответ в общих фразах без анализа конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы или (и) дан ответ, не соответствующий данной ситуации, или (и) дан абсолютно неправильный ответ с точки зрения методологии экспериментального исследования
2	Дан ответ, основанный на анализе конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы, но нет обоснования или обоснование полностью не соответствует доказываемому утверждению
3	Дан ответ, основанный на анализе конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы, и приводится обоснование, но обоснование неполное или (и) содержит логические ошибки
4	Дан ответ, основанный на анализе конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы, и приводится полное и логичное обоснование сделанного утверждения
Задания 4, 6, 8, 9 (ответ предполагает три утверждения без обязательного обоснования)	
0	Нет ответа или отказ от ответа по всем частям задания
1	Есть попытка дать ответ, но дан формальный ответ в общих фразах без анализа конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы или (и) дан ответ, не соответствующий данной ситуации, или (и) дан абсолютно неправильный ответ с точки зрения методологии экспериментального исследования
2	Дано одно утверждение, основанное на анализе конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы
3	Дано два утверждения, основанных на анализе конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы
4	Дано три и более утверждения, основанных на анализе конкретной ситуации и своих действий при выполнении работы

Заключение

Таким образом, разработанная диагностическая методика позволяет оценить сформированность рефлексивного компонента компетенции ОПК-4 и аналогичных компетенций в плане выявления способностей обучающихся к критическому осмыслению своей деятельности и ее результатов в соответствии с целями, условиями и средствами экспериментального исследования, а также способностей к определению своих сильных и слабых сторон, недостатка знаний и умений и составлению программы дальнейшего саморазвития. Разработанная методика позволяет также выявлять недостатки в организации процесса формирования компетенций для данного контингента обучающихся. В результате исследования установлена статистически значимая положительная связь показателя развития рефлексивного компонента, определенного по разработанной методике, с показателем системной рефлексии, измеренным с помощью ДТР, что говорит о релевантности разработанной методики целям диагностики рефлексивных составляющих компетенций.

Предлагаемая диагностическая методика может быть полезна в практической деятельности преподавателей естественнонаучных дисциплин, осуществляющих контрольно-оценочную деятельность в процессе формирования компетенций обучающихся в рамках лабораторных практикумов.

Список литературы

1. Троицкая Е.А. Модель управления процессом формирования профессиональных компетенций в условиях дистанционного обучения // Фундаментальные исследования. 2017. № 11–1. С. 128–132.

2. Гринченко Е.И., Курдуманова О.И., Гилязова И.Б., Жарких Л.А. Диагностические методы оценки сформированности химических компетенций: уровни, критерии, показатели // Мир науки, культуры, образования. 2019. № 2 (75). С. 21–24.

3. Агибова И.М., Федина О.В. Методика формирования исследовательских компетенций студентов-физиков в рамках лабораторного практикума // Физическое образование в вузах. 2015. № 2. Т. 21. С. 13–24.

4. Вострикова Н.М., Кравцова Е.Д. Подходы к развитию исследовательской компетенции бакалавров в лабораторном химическом практикуме // Успехи современной науки и образования. 2016. № 9. Том 1. С. 169–172.

5. Чупина В.А., Федоренко О.А. Теория и практика профессиональной педагогической рефлексии. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2019. 200 с.

6. Скрипко З.А., Артемова Н.Д. Методика и диагностика профессиональной компетенции студентов педвуза на лабораторных работах по физике // Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin). 2014. № 6 (147). С. 38–42.

7. Забелина С.Б. Критерии, показатели и уровни сформированности исследовательской компетентности магистрантов педагогического образования по направлению «Математическое образование» // Вестник МГОУ. Серия «Педагогика». 2013. № 4. С. 29–34.

8. Габдрахманова Р.Г., Хусаинова Р.М., Чиркина С.Е. Рефлексивная деятельность студента в системе психолого-педагогического образования как показатель его готовности к профессиональной деятельности // Образование и саморазвитие. 2015. № 2 (44). С. 55–61.

9. Зеер Э.Ф., Степанова Л.Н. Портфолио как инструментальное средство самооценивания учебно-профессиональных достижений студентов // Образование и наука. 2018. № 6. Т. 20. С. 139–157.

10. Суховиенко Е.А., Абдрахимова Д.И. Модель диагностики математической компетентности студентов экономических направлений на основе портфолио // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 7. С. 224–229.

11. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.11.2020 № 1456 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования» (Зарегистрирован 27.05.2021 № 63650) [Электронный ресурс]. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202105270015?index=2&rangeSize=1 (дата обращения 02.07.2021).

12. Карпов А.В. Рефлексивность как психическое свойство и методика ее диагностики // Психологический журнал. 2003. Т. 24. № 5. С. 45–57.

13. Леонтьев Д.А., Осин Е.Н. Рефлексия «хорошая» и «дурная»: от объяснительной модели к экспериментальной диагностике // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2014. Т. 11. № 4. С. 110–135.

УДК 372.8

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ

Боровиков И.Г., Дьяков А.Н., Левчук А.А., Покидов А.Ю.

ФГБВОУ ВО «ВКА имени А.Ф. Можайского» МО РФ, Санкт-Петербург,

e-mail: borovikovig@mail.ru, diakov@mail.ru, lev80@yandex.ru, kitzit@bk.ru

Представлен подход к моделированию процесса обучения эксплуатирующего персонала с применением учебно-тренировочных средств. Актуальность темы определяется необходимостью обучения с помощью учебно-тренировочных средств и отсутствием моделей позволяющих прогнозировать продолжительность процесса обучения. Авторами предложено раздельное описание процесса теоретического и практического обучения. Представлены результаты моделирования процесса обучения с использованием учебно-тренировочных средств с применением комплекса моделей обучения. Подготовка эксплуатирующего персонала является первоочередной задачей эксплуатации и обеспечивающей решение других задач. В практике эксплуатации любые задачи выполняются с помощью привлечения эксплуатирующего персонала, а уровень подготовки персонала влияет непосредственно на показатели качества выполнения целевой задачи, к примеру на вероятность безотказной работы оборудования. Необходимо отметить, что для подготовки эксплуатирующего персонала используются учебно-тренировочные средства и наиболее важным моментом при формировании методики использования учебно-тренировочных средств будет рациональное перераспределение продолжительности теоретического обучения и практической подготовки. С целью обучения эксплуатирующего персонала в современных условиях используют учебно-тренировочные средства, но отсутствие адекватного математического моделирования процесса обучения, процесс обучения с использованием учебно-тренировочных средств не позволяет правильно прогнозировать и оценивать продолжительность процесса обучения, что говорит об актуальности задачи разработки и совершенствования математического моделирования процесса обучения.

Ключевые слова: учебно-тренировочное средство, математические модели обучения, адаптивное обучение, цепь Маркова, моделирование процесса обучения

THE METHOD OF USING TRAINING TOOLS LEARNING TECHNICAL PERSONNEL

Borovikov I.G., Dyakov A.N., Levchuk A.A., Pokidov A.Yu.

Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg,

e-mail: borovikovig@mail.ru, diakov@mail.ru, lev80@yandex.ru, kitzit@bk.ru

An approach to modeling the process of training operating personnel using training tools is presented. The relevance of the topic is determined by the need for training with the help of training tools and the lack of models that allow you to predict the duration of the training process. The authors offer a separate description of the process of theoretical and practical training. The results of modeling the learning process using training tools with the use of a set of training models are presented. Training of operating personnel is the primary task of operation and provides solutions to other tasks. In the practice of operation, any tasks are performed using the involvement of operating personnel, and the level of training of personnel directly affects the quality indicators of the target task, for example, the probability of failure-free operation of equipment. It should be noted that training facilities are used to train operating personnel, and the most important point in forming the methodology for using training facilities will be a rational redistribution of the duration of theoretical training and practical training. For the purpose of training operating personnel, in modern conditions, training tools are used, but the lack of adequate mathematical modeling of the training process, the training process using training tools does not allow you to correctly predict and evaluate the duration of the training process, which indicates the relevance of the task of developing and improving mathematical modeling of the training process.

Keywords: training tool, mathematical models of learning, adaptive learning, markov chain, modeling of the learning process

Обучение персонала можно представить как управляемый динамический процесс, направленный на достижение цели обучения всеми обучающимися (максимальное приближение к цели обучения), опираясь на текущий уровень знаний обучающегося, уровень его навыков и умений. Управление процессом обучения состоит из планирования процесса обучения, применение обучающих воздействий на каждом этапе обучения и контроль уровня обученности [1].

Целесообразно отметить, что процесс обучения с использованием учебно-тренировочных средств разделен на обособленную практическую и теоретическую части и обладает рядом особенностей [2]. Важной особенностью теоретической части является разделение программы обучения на обособленные части обучающего материала с фиксированным временем их изучения. Части обучающего материала состоят из основного материала, дополнительного и тестовой части. Переход от одной части

к следующей определяется необходимостью выполнения теста.

Цель исследования – предложить комплекс математических моделей теоретического и практического обучения, которые позволят прогнозировать оптимальный план обучения эксплуатирующего персонала по критерию максимума вероятности выполнения задачи.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования разработана модель процесса теоретического обучения в системе MathLab на основе накопленных данных о функционировании учебно-тренировочных средств. Проведено моделирование процесса практического обучения в системе MathCad с использованием выходных данных моделирования теоретического обучения. На основе выходных данных результатов моделирования теоретического и практического обучения проведено имитационное моделирование выполнения технологических операций с учетом закономерностей практического и теоретического обучения. В результате методом регрессионного анализа была определена целевая функция. Полученные при расчетах данные использованы для уточнения плана обучения. Под уровнем обученности в статье понимается значение уровня знаний (продолжительность изучения теоретического материала, продолжительность выполнения операций по идентификации неисправности, продолжительность выполнения операций по поиску причин неисправности, продолжительность выполнения операций по восстановлению работоспособного состояния оборудования).

Результаты исследования и их обсуждение

Подход к моделированию теоретического обучения

Обращая внимание на описанные выше особенности теоретической части обучения с использованием учебно-тренировочных средств, целесообразно описать процесс обучения с использованием конечной цепи Маркова с дискретным временем (рис. 1) [3]. Узел графа задет одну из составных частей процесса обучения (изучение основной части курса, тестирование, изучение дополнительной части курса и т.д.). С помощью дуг графа между узлами отображаются логические связи блоков с указанием вероятности перехода между блоками. Значение вероятности переходов от одного блока к другому зависит от индивидуальных способностей обучающегося, их возможно определить с использованием статистических методов и апостериорно корректировать.

Опираясь на основные положения теории цепей Маркова, возможно рассмотреть процесс обучения как динамическую систему, которая находится в одном из состояний в конкретный момент времени [4].

На рисунке

$M_a(t_g^m) \in M(t_g^m) = \left\{ M(t_1^m),...,M(t_m^m) \middle| t_g^m \le t_\Sigma^{об} \right\}$ – состояния, соответствующие этапам изучения теоретического материала.

На основе накопленных данных о функционировании учебно-тренировочных средств составляется матрица переходных вероятностей [5] (1), характеризующая начальный уровень теоретических знаний обучающегося.

$$W(t_g^m) = \left\| w_{ab}(t_g^m) \right\| =$$

$$= \begin{bmatrix} w_{11}(t_g^m) & w_{12}(t_g^m) & ... & w_{1h}(t_g^m) \\ w_{21}(t_g^m) & w_{22}(t_g^m) & ... & w_{2h}(t_g^m) \\ ... & ... & ... & ... \\ w_{h1}(t_g^m) & w_{h2}(t_g^m) & ... & w_{hh}(t_g^m) \end{bmatrix}; \quad (1)$$

$$\sum_{b=1}^{h} w_{ab}(t_g^m) = 1, a = 1, 2, ..., h.$$

где $w_{hh}(t_g^m)$ – вероятность перехода между этапами изучения теоретического материала.

Получив из опытных данных фундаментальную матрицу Маркова (2), становится возможным вычисление средней продолжительности изучения теоретического материала (3), произвести оценку дисперсии продолжительности изучения теоретического материала (4) и среднеквадратичного отклонения продолжительности изучения теоретического материала (5) [6].

$$N = (I - Q)^{-1}, \quad (2)$$

где Q – матрица переходов между непоглощающими состояниями;

$$t^{теор} = \sum_{b=1}^{r} n_{1b} \cdot t_b^m, \quad (3)$$

где n_{1b} – среднее количество попаданий в состояние,

t_b^m – продолжительность нахождения в состоянии;

$$D = N(2N_{dg} - I) - N_{sq}, \quad (4)$$

$$\sigma_t = \sum_{a=1}^{r} \sqrt{D_{1,a}} \cdot t_a^m. \quad (5)$$

Оставшееся для обучения время распределяется на совершенствование практических навыков идентификации, поиска причин и восстановление работоспособного состояния оборудования.

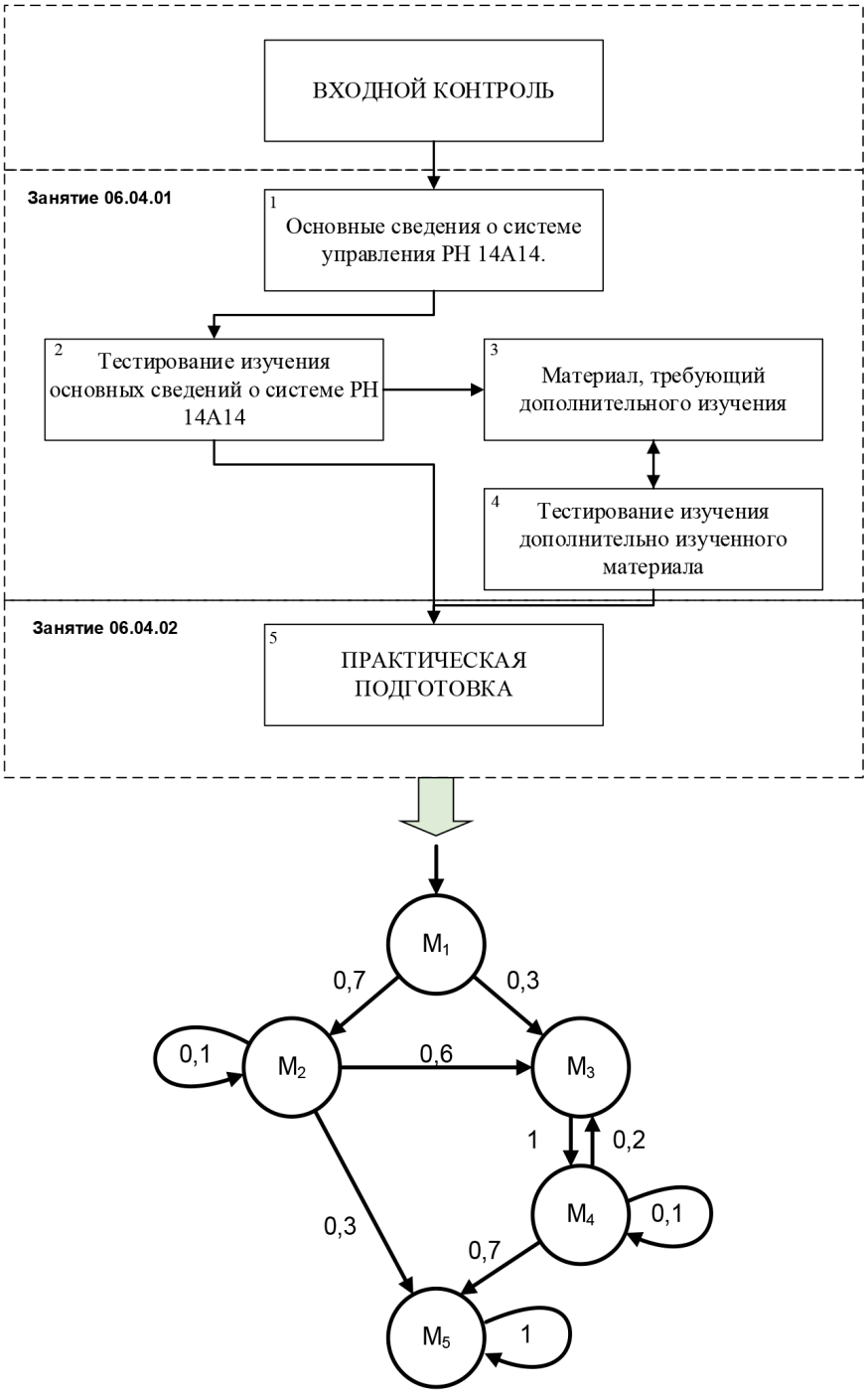


Рис. 1. Модель изучения теоретического материала

Подход к моделированию практического обучения

Анализ всевозможных математических моделей формирования практических навыков позволил установить, что наиболее подходящими моделями для практического обучения эксплуатирующего персонала являются:

– экспоненциальная модель для обучения идентификации (рис. 2);

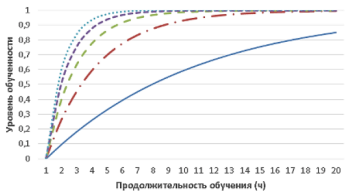
– логистическая модель для обучения поиску причин (рис. 3);

– модель подкрепления для обучения восстановлению работоспособного состояния оборудования (рис. 4).

$$l(t_1) = \overline{t}^{\,ид\,к} + (\overline{t}^{\,ид\,н} - \overline{t}^{\,ид\,к})e^{-y_1 t_1}$$

$$l(t_2) = \frac{(\overline{t}^{\,пп\,н}\overline{t}^{\,пп\,к})}{\overline{t}^{\,пп\,н} + (\overline{t}^{\,пп\,к} - \overline{t}^{\,пп\,н})e^{-y_2 t_2}}$$

$$l(t_3) = \overline{t}^{\,вст\,к} + (\overline{t}^{\,вост\,н} - \overline{t}^{\,вост\,к})10^{-y_3 t_3}$$



$\overline{t}^{\,ид\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,ид\,к} = 1;\ y_1 = 0,3;\ t_1 = 1...20$

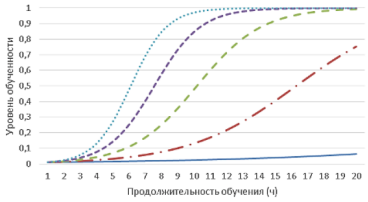
$\overline{t}^{\,ид\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,ид\,к} = 1;\ y_1 = 0,5;\ t_1 = 1...20$

$\overline{t}^{\,ид\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,ид\,к} = 1;\ y_1 = 0,1;\ t_1 = 1...20$

$\overline{t}^{\,ид\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,ид\,к} = 1;\ y_1 = 0,9;\ t_1 = 1...20$

$\overline{t}^{\,ид\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,ид\,к} = 1;\ y_1 = 0,7;\ t_1 = 1...20$

Рис. 2. Экспоненциальная модель



$\overline{t}^{\,пп\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,пп\,к} = 1;\ y_2 = 0,3;\ t_2 = 1...20$

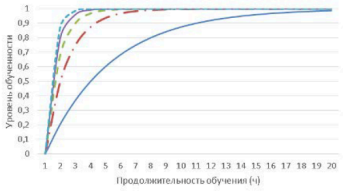
$\overline{t}^{\,пп\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,пп\,к} = 1;\ y_2 = 0,1;\ t_2 = 1...20$

$\overline{t}^{\,пп\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,пп\,к} = 1;\ y_2 = 0,9;\ t_2 = 1...20$

$\overline{t}^{\,пп\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,пп\,к} = 1;\ y_2 = 0,7;\ t_2 = 1...20$

$\overline{t}^{\,пп\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,пп\,к} = 1;\ y_2 = 0,5;\ t_2 = 1...20$

Рис. 3. Логистическая модель Р. Буша



$\overline{t}^{\,вост\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,вост\,к} = 1;\ y_3 = 0,1;\ t_3 = 1...20$

$\overline{t}^{\,вост\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,вост\,к} = 1;\ y_3 = 0,3;\ t_3 = 1...20$

$\overline{t}^{\,вост\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,вост\,к} = 1;\ y_3 = 0,5;\ t_3 = 1...20$

$\overline{t}^{\,вост\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,вост\,к} = 1;\ y_3 = 0,7;\ t_3 = 1...20$

$\overline{t}^{\,вост\,н} = 0,1;\ \overline{t}^{\,вост\,к} = 1;\ y_3 = 0,9;\ t_3 = 1...20$

Рис. 4. Модель подкрепления К. Халла

Экспоненциальная модель [7].

Если предположить, что скорость изменения уровня обученности пропорциональна величине текущего уровня обученности, учитывая независимость коэффициента пропорциональности от времени.

Представим:

$$\frac{dl(t_1)}{dt_1} = -\gamma\, l(t_1); \qquad (6)$$

где $l(t_1)$ – уровень обученности идентификации.

Решение данного дифференциального уравнения – экспонента представленная выражением

$$l(t_1) = \overline{t}^{\,ид\,к} + (\overline{t}^{\,ид\,н} - \overline{t}^{\,ид\,к})e^{-y_1 t_1}; \qquad (7)$$

В большинстве математических моделей изменения уровня обученности предполагается, что изменение уровня обученности за единицу времени пропорционально его текущему значению. Если задать коэффициент пропорциональности, то представленное допущение является следствием экспоненциального вида кривой изменения уровня обученности, при этом увеличение скорости изменения уровня обученности сопровождается необходимостью увеличения значения коэффициента рассогласования γ, который определяется различными моделями, как величина знаний, изученных обучающимся за единицу времени.

Модель Р. Буша [7].

Данная модель предполагает изменение уровня обученности на каждом из шагов пропорционально текущему уровню обученности и разности между некими текущим уровнем обученности и конечным. Изменение уровня обученности можно представить в виде дифференциального уравнения Бернулли:

$$\frac{dl(t_2)}{dt_2} = l(t_2)(y - l(t_2)), \qquad (8)$$

где y – константа, определяющая скорость изменения уровня обученности,

$l(t_2)$ – уровень обученности поиску причин.

Взяв за начальную точку $\overline{t}^{\,пп\,н}$, решением уравнения будет логистическая кривая:

$$l(t_2) = \frac{(\overline{t}^{\,пп\,н}\overline{t}^{\,пп\,к})}{\overline{t}^{\,пп\,н} + (\overline{t}^{\,пп\,к} - \overline{t}^{\,пп\,н})e^{-y_2 t_2}}; \qquad (9)$$

«Тормозящий довесок» позволяет получить логистическую, а не экспоненциальную кривую за счет появления точки перегиба в отличие от рассматриваемой выше модели. Скорость изменения уровня обученности зависит от величины конечного уровня обученности и коэффициента пропорциональности между скоростью изменения уровня обученности и текущим значением обученности, что отличает модель от предыдущей (рис. 3).

Модель К. Халла [7].

Закономерность, по которой формируется навык, основывается на том, что, если внешние условия и цели обучения не изменяются, а подкрепления следуют равномерно, то уровень обученности $l(t_3)$ возрастает вместе с возрастанием числа повторений, что представлено равенством

$$l(t_3) = \overline{t}^{вст\ к} + (\overline{t}^{вост\ н} - \overline{t}^{вост\ к})10^{-y_3 t_3}, (10)$$

где $l(t_3)$ – уровень обученности восстановлению работоспособного состояния оборудования.

Применение комплекса моделей позволяет определить зависимость уровня практической обученности эксплуатирующего персонала, выраженного временем идентификации неисправности, поиска причин ее возникновения и восстановления работоспособного состояния оборудования от времени отведенного на процесс практического обучения в целом и на изучение соответствующих практических навыков в частности.

Заключение

Использование представленных в статье математических моделей обучения в комплексе позволяет провести имитационное моделирование выполнения технологических операций с учетом закономерностей практического и теоретического обучения (рис. 5).

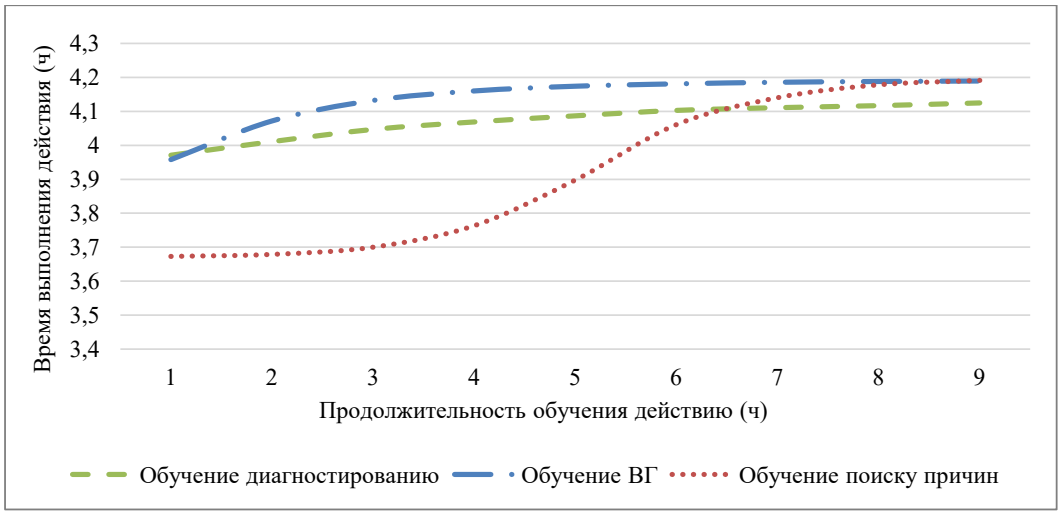


Рис. 5. Закономерности практического обучения

На основе полученных экспериментальных данных методом регрессионного анализа можно определить целевую функцию

$$\overline{t}^{\,cy} = 0,6 + 0,7e^{-1,2t_1} + e^{-0,6t_2} + \frac{2,25}{2,5 - 1,6e^{-0,1t_3}} + \ldots + 0,4 + 0,8e^{-1,6t_1} + e^{-0,8t_2} + \frac{1,1}{2,2 - 1,7e^{-0,15t_3}}.$$

где $\overline{t}^{\,cy}$ – продолжительность выполнения задачи, и прогнозировать оптимальный план обучения эксплуатирующего персонала по критерию максимума вероятности выполнения задачи методом динамического программирования (таблица).

Результаты применения моделей

	$t_\Sigma^{об}$	$t^{теор}$	t_1^*	t_2^*	t_3^*	$P^{вз}$
Существующий план	18	9	3	3	3	0,96
С использованием моделей (без изменения $t_\Sigma^{об}$)	18	7	4	5	2	0,98
С использованием моделей (с изменением $t_\Sigma^{об}$)	24	7	6	8	3	0,995

Полученные при расчетах данные целесообразно использовать с целью уточнения плана обучения, что дает возможность создавать адаптированные по уровню знаний учебные курсы, проводить динамическую корректировку и анализ процесса изучения учебного материала, создавать прогноз времени обучения персонала, опираясь на его уровень обученности.

Список литературы

1. Боровиков И.Г., Вивчарь Р.М., Решетников Д.В. Оценка продолжительности подготовки ракеты космического назначения к пуску средствами имитационного моделирования // Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники. 2018. С. 196–201.

2. Стручков А.М. Противоречия развития компьютерных учебно-тренировочных средств, предназначенных для обеспечения теоретического обучения // Программные продукты и системы. 2013. № 2. С. 55–60.

3. Боровиков И.Г., Щербина И.С., Вивчарь Р.М., Волков Н.И. Методика использования учебно-тренировочных средств подготовки технологического персонала // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 2. С. 93–99.

4. Дьяков А.Н., Кокарев А.С., Тришункин В.В. Методика обоснования системы поставки запасных частей комплексов вооружения // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2019. Вып. 667. С. 297–308.

5. Сержантова М.В., Ушаков А.В. Конечные цепи Маркова в модельном представлении деятельности человека-оператора в квазистатической функциональной среде // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. № 3. С. 524–532.

6. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 552 с.

7. Буш Р., Мостеллер Ф. Сравнение восьми моделей // Математические методы в социальных науках : сб. ст.: сокращ. пер. с англ. / под ред. П.Ф. Лазарсфельда, Н. Генри. М. : Прогресс, 1973. 351 с.

УДК 796.011.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАНЯТИЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ СТУДЕНТОВ ВУЗА НА ОСНОВЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫБОРА ВИДОВ СПОРТА

[1,2]Зенкова Т.А., [3]Шутьева Е.Ю., [3]Гладковская А.П.

[1]ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС), Ростов-на-Дону;
[2]ГКОУ ВО «Российская таможенная академия» (Ростовский филиал), Ростов-на-Дону;
[3]ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), Ростов-на-Дону,
e-mail: zata-70@mail.ru

Статья представляет собой научное исследование, в котором раскрываются проблемы поиска способов мотивации студентов к занятиям, согласно их спортивным предпочтениям. В работе представлен анализ мониторинга показателей общей физической подготовки и психофизических способностей студентов. Дается сравнение организации занятий студентов, углубленно изучающих виды спорта, которые ими были выбраны как доминирующие и занятий по общепринятой методике, без акцента на мотивацию вида спорта. Исследование проводилось с обучающимися 1–2 курсов – студентов Ростовского государственного университета путей сообщения. Возраст испытуемых 17–19 лет. Результаты исследования определили, какими видами спорта занимаются студенты, какими видами хотели бы заниматься и какими бы не хотели. Представленные выводы указывают направления реализации программ физического воспитания, охватывающих предпочтения студенческой молодежи. На основании анализа результатов по общей физической подготовке и уровня развития психофизических качеств, а также проведенного анкетирования устанавливается, что данное направление дает возможность значительно усовершенствовать динамику развития психофизических качеств. Наряду с этим констатируется, что статистически достоверные различия в обеих опытных группах были получены только к концу второго года обучения.

Ключевые слова: мотивация, программа, испытуемые, студенты, физическая культура, физическое воспитание, спорт, формирование, динамика, подготовка

EFFICIENCY OF PHYSICAL CULTURE CLASSES OF UNIVERSITY STUDENTS ON THE BASIS OF THE INDEPENDENT CHOICE OF SPORTS

[1,2]Zenkova T.A., [3]Shutyeva E.Yu., [3]Gladkovskaya A.P.

[1]Rostov State Transport University (RGUPS), Rostov-on-Don;
[2]Russian Customs Academy (Rostov branch), Rostov-on-Don;
[3]Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, e-mail: zata-70@mail.ru

The article is a scientific study, which reveals the problems of finding ways to motivate students to practice, according to their sports preferences. The paper presents an analysis of monitoring indicators of general physical fitness and psychophysical abilities of students. Comparison of the organization of classes of students studying in depth the kinds of sports that they have chosen as dominant and classes according to the generally accepted methodology, without an emphasis on the motivation of the kind of sport, is given. The research was carried out with 1-2 year students – students of the Rostov State Transport University. The subjects were 17-19 years old. The results of the study determined what kinds of sports students are involved in, what kinds of sports they would like to do and what they would not like. The presented conclusions indicate the directions of the implementation of physical education programs, covering the preferences of student youth. Based on the analysis of the results of general physical fitness and the level of development of psychophysical qualities, as well as the conducted questionnaire, it is established that this direction makes it possible to significantly improve the dynamics of the development of psychophysical qualities. Along with this, it is stated that statistically significant differences in both experimental groups were obtained only by the end of the second year of study.

Keywords: motivation, program, subjects, students, physical education, physical education, sports, formation, dynamics, preparation

Физическое воспитание и спорт представляют собой компоненты общего образования, направленные на сохранение здоровья, физическое развитие, физическую подготовку, психические процессы и явления, способствующие социализации в обществе. С целью получения должной степени профессиональной функциональности на базе высшего учебного заведения в процессе обучения по дисциплине «Физическая культура и спорт» формируются условия для максимальной их реализации. В связи с этим в настоящее время непрерывного обновления стандартов высшей школы считается значимым установление современных путей в планировании программ физического воспитания учащейся молодежи, нацеленных на модернизацию развития многофункциональных способностей [1]. Реализация программ по высшей школе в области физической культуры и спорта основывается на федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС 3+, ФГОС 3++), базирующихся

на формировании компетенций, направленных на подготовку специалистов с высоким уровнем психофизических качеств [2]. Наряду с этим здоровье человека считается главным, а также окончательным признаком общественного формирования нации. Качество образования прямо связано с уровнем развития психофизических качеств. Отсюда можно утверждать, что программы по физической культуре обязаны гарантировать базисную совокупность положительного увеличения профессионально значимых физических и психомоторных качеств, но кроме того характеристик, определяющих функциональный результат здоровья [3].

Дискуссионным продолжает оставаться вопрос о способах реализации программ по физическому воспитанию, направленных на подготовку студента с высоким уровнем достижения универсальных компетенций, в которых планируемые результаты обучения по дисциплине реализуются решением задач «…поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности» [4, УК-7]. Данное направление дополняется также рассмотрением мотивационной составляющей студентов по отношению к определению предпочтительных видов спорта и их последующее отражение в результатах общей физической подготовки и уровне развития психофизических качеств. Мотивация – это динамический психофизиологический процесс, который управляет поведением человека и определяет его организованность, направленность, устойчивость и активность [5].

Блок дисциплин физической культуры составляет дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту», включающая в себя планирование и принципы построения комплекта занятий по изучению отдельных видов спорта. Изучение технико-тактических элементов видов спорта, правил соревнований планируется и реализуется посредством аудиторных и внеаудиторных занятий, а также в процессе самостоятельной работы студента. Программой по дисциплине «Элективные курсы по физической культуре и спорту» предусмотрено 64 ч за год на первых двух курсах, по одному занятию – два часа каждую неделю. Федеральный государственный образовательный стандарт предоставляет возможность значительно варьировать содержательную часть образовательных программ с учетом зависимости от профессиональной направленности [4].

Актуальность исследования заключается в необходимости повысить эффективность занятий физической культурой в вузах.

Цель исследования – поиск направлений повышения эффективности занятий физической культурой и спортом с целью увеличения положительной динамики результатов общей физической подготовки и психофизических качеств с помощью выявления предпочтений студентов в отношении выбора видов спорта.

Материалы и методы исследования

Методы, использованные в данном исследовании: анализ научно-методической литературы, метод наблюдения, метод анкетирования, педагогический эксперимент, тестирование, методы математической статистики. Тестирование физической подготовки включало нормативы: бег 100 м, плавание 50 м в/с, прыжок в длину с места, подтягивание, тест Купера. Тесты оценки психофизических качеств, являющиеся основным показателем сформированности компетенций специалиста, были определены следующие: время двигательной реакции, теппинг-тест, удержание позы в положении лежа, проба Яроцкого, тремометрия, концентрация внимания, переключение внимания. Исследование проводилось на базе Ростовского государственного университета путей сообщения в 2019–2021 гг. В исследовании приняли участие студенты 1–2 курсов, возраст испытуемых от 17 до 19 лет. Исследование проводилось в несколько этапов. Первый этап исследования включал в себя анализ литературы, педагогическое наблюдение и анкетирование. В анкетировании приняло участие 226 чел. (юноши – 104, девушки – 122). На втором этапе (с ноября 2019 г. по февраль 2021 г.) – организация и проведение педагогического эксперимента и тестирования. На втором этапе, в качестве исходного материала, испытуемые сдавали нормативы по общей физической подготовке и тесты оценки развития психофизических качеств. Для проведения педагогического эксперимента были организованы две группы: контрольная и экспериментальная, по 20 студентов в каждой. Экспериментальная группа занималась по программе с углубленным изучением видов спорта, выбранных студентами с учетом их мотивационных предпочтений. Формирование экспериментальной группы проводилось на основании анкетирования, в котором студенты указали предпочтение игровым видам спорта. Контрольная группа занималась по общепринятой программе: изучение видов спорта без учета личных спортивных предпочтений. На третьем этапе завершение эксперимента и итогового тестирования, обработка данных с помо-

щью методов математической статистики. Проведен сравнительный анализ показателей испытуемых в обеих группах. Нормативы результатов общей физической подготовки и тесты психофизических качеств были определены согласно ранее проведенным исследованиям.

Результаты исследования и их обсуждение

Собранные данные были проанализированы и обработаны по каждому вопросу анкеты, и каждый ответ был обработан и представлен в процентном соотношении в соответствии с общим количеством студентов (226) и по количеству юношей – 104 и девушек – 122.

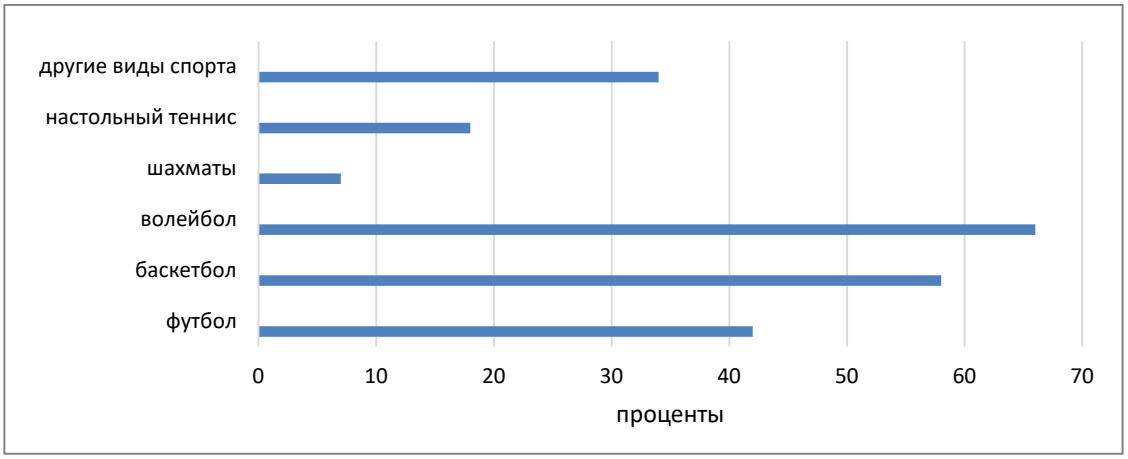
Первые три вопроса анкеты направлены на изучение занятий спортом студентов в свободное время. Эти вопросы дали 52 положительных ответа: 37 % юношей и 11 % девушек, всего 23 % от общего количества, где можно констатировать, что учащаяся молодежь мало занимается спортом в свободное время. С 4 по 6 вопросы были нацелены на выявление видов спорта, которыми студенты занимаются в свободное время. 19 % студентов назвали баскетбол или волейбол своим любимым видом спорта, это 42 % от общего числа занимающихся спортом, 12 % человек играют в футбол (27 %), 3,5 % занимаются плаванием (8 %), 7,5 % – общей физической подготовкой (15 %) и 3,5 % – оздоровительным бегом (8 %). Данные ответы представляют значимость, так как эти виды спорта входят в основные образовательные программы и учебные планы. При организации учебных занятий не возникает сложностей, когда речь идет о спортивных играх, поскольку вуз имеет спортивную базу и достаточные ресурсы для реализации выбранных видов спорта.

На ответы студентов, несомненно, влияет содержание занятий физического воспитания. Таким образом, спортивные игры были ожидаемо наиболее популярны среди обучающихся, однако в первую очередь у юношей 64 % и только 10 % девушек. Девушки, в отличие от юношей, в меньшей степени хотели бы заниматься спортивными играми и больше предпочитают гимнастику и легкую атлетику Элементы акробатики и прыжки предполагают конкретные усилия, которые не входят в число главных предпочтений студентов.

Вопрос 8: «Какие виды спорта мы хотим исключить из занятий по физическому воспитанию? Были получены следующие ответы: бег – 37 %; гимнастика – 27 %: кросс – 3 %; нет ответа – 33 %.

По 9–10-му пунктам: «Какими видами спорта вы хотите заниматься вообще?» и «Какими видами будете заниматься, если в университете вам предложат занятия в секции?» Большинство студентов выбирают футбол, баскетбол, волейбол, шахматы, настольный теннис и другие виды спорта (рисунок).

На втором этапе исследования были организованы две группы испытуемых: экспериментальная и контрольная. Был проведен мониторинг исходных показателей общей физической подготовки и уровня развития психофизических качеств в обеих группах. Второй этап был разбит на несколько блоков, каждый из которых включал изучение определенного вида спорта. Экспериментальная группа занималась 8 занятий каждым видом спорта. Последовательность изучаемых видов определена согласно спортивным предпочтениям, полученным в анкетировании.



Виды спорта, наиболее предпочтительные у студентов (в процентах)

Преимущественно использовались упражнения с комплексным проявлением физических качеств в условиях переменных режимов двигательной деятельности, непрерывного изменения ситуаций и форм действий. Применялись комбинированные упражнения, подвижные игры и эстафеты. В практических методах использовались методы строго регламентированного упражнения: расчлененно-конструктивный метод и метод целостного упражнения, метод круговой тренировки, а также методы частично регламентированного упражнения: игровой и соревновательный метод.

Выполнен сравнительный анализ полученных результатов в обеих группах. Для наглядного отображения показателей просчитано процентное соотношение. Полученные данные отражены в табл. 1. По итоговым показателям можно сделать вывод, что результаты общей физической подготовки обнаружили более значительный рост по сравнению с уровнем развития психофизических качеств. Мониторинг результатов позволил выделить два показателя, в которых выявлен высокий рост полученного: в экспериментальной группе – подтягивание и прыжки в длину с места, где результат увеличился на 12,76% и 11,09% соответственно $p < 0,05$. В контрольной группе увеличение отмечается только в тесте «подтягивание». Заметно различие результатов в тесте «плавание» – экспериментальная группа 7,50%, в то время как контрольная показала в результате отрицательную динамику –0,95%. Но нужно отметить, что здесь отмечается отсутствие статистически достоверных различий в контрольной группе ($p > 0,05$).

В тесте Купера выявлена низкая динамика показателей в экспериментальной группе 3,20%, в контрольной группе получен наихудший результат -5,60% ($p < 0,05$). Подводя итоги сравнительного анализа результатов по общей физической подготовке, можно сделать заключение, что наилучший результат в обеих группах зафиксирован в нормативе «подтягивание». Самый низкий прирост по двум группам представлен по нормативу «бег 100 м», в котором процент в экспериментальной группе получен 1,03% ($p < 0,05$) и в контрольной группе 0,55% ($p > 0,05$). Здесь нужно отметить, что учебные занятия носили преимущественно спортивно-игровой характер и в меньшей степени уделялось внимание циклическим видам спорта.

В определении уровня развития психофизических качеств были рассмотрены такие тесты, как время двигательной реакции (ВДР), теппинг тест, удержание позы в упоре лежа, проба Яроцкого, треморометрия, концентрация внимания, переключение внимания (табл. 2).

Таблица 1

Показатели общей физической подготовки студентов в экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) группах

Нормативы	Группы испытуемых	Результаты		p	Процент прироста показателей
		Исходный	Итоговый		
Бег 100 м, с	ЭГ	13,48±0,22	13,36±0,27	p < 0,05	1,03
	КГ	13,39±0,35	13,32±0,23	p > 0,05	0,55
		p>0,05	p>0,05		
Тест Купера, м	ЭГ	2597±59,7	2678±54,1	p < 0,05	3,20
	КГ	2591±54,4	2451±58,1	p < 0,05	-5,60
		p>0,05	p <0,05		
Плавание в/с 50 м, с	ЭГ	49,1±5,1	45,2±5,6	p < 0,05	7,50
	КГ	49,5±3,7	49,9±3,4	p > 0,05	-0,95
		p>0,05	p <0,05		
Прыжок в длину с места, м	ЭГ	2,38±0,22	2,64±0,58	p < 0,05	11,09
	КГ	2,42±0,13	2,47±0,17	p < 0,05	2,06
		p>0,05	p <0,05		
Подтягивание, кол-во раз	ЭГ	9,2±0,81	10,4±0,89	p < 0,05	12,76
	КГ	9,0±0,37	9,5±0,95	p < 0,05	5,90
		p > 0,05	p < 0,05		

ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа.

Таблица 2

Психофизические качества студентов
экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) групп

Тесты	Группы испытуемых	Результаты		p	Процент прироста показателей
		Исходный	Итоговый		
ВДР, с	ЭГ	0, 364±0,015	0,360±0,015	p > 0,05	1,14
	КГ	0, 359±0,015	0,378±0,015	p > 0,05	- 3,68
		p > 0,05	p > 0,05		
Теппинг-тест, раз	ЭГ	156,15±0,57	157,00±0,49	p < 0,05	0,46
	КГ	155,62±1,14	153,76±0,92	p < 0,05	- 1,72
		p > 0,05	p < 0,05		
Удержание позы в упоре лежа, с	ЭГ	37,0±2,37	39,0±2,39	p < 0,05	5,16
	КГ	36,6±3,25	37,6±3,7	p < 0,05	2,44
		p > 0,05	p < 0,05		
Проба Яроцкого, с	ЭГ	12,97±1,88	14,47±1,87	p < 0,05	11,56
	КГ	13,30±2,41	14,17±1,48	p < 0,05	6,54
		p > 0,05	p < 0,05		
Треморометрия, кол. ошиб.	ЭГ	13,63±0,59	13,93±0,47	p < 0,05	-2,27
	КГ	13,20±0,84	15,21±0,84	p < 0,05	-14,46
		p > 0,05	p < 0,05		
Концентрация внимания, у.ед.	ЭГ	44,30±1,6	44,91±1,7	p > 0,05	1,15
	КГ	43,11±2,3	45,03±2,2	p > 0,05	4,22
		p > 0,05	p > 0,05		
Переключение внимания, у.ед.	ЭГ	20,89±2,1	19,71±2,1	p < 0,05	6,12
	КГ	22,07±2,4	21,07±2,2	p < 0,05	4,98
		p > 0,05	p < 0,05		

ЭГ – экспериментальная группа, КГ – контрольная группа.

В экспериментальной группе отмечается положительная динамика на 1,14% по тесту «время двигательной реакции» (ВДР), на 0,46% в результате теппинг-теста, показывающего частоту движений, на 5,16% показатель статической выносливости, полученный по времени удержания позы в упоре лежа. Тест «треморометрия», оценивающий устойчивость нервно-мышечных процессов, получил незначительно отрицательный результат -2,27%. Максимальный рост психофизических показателей был получен в пробе Яроцкого, определяющей вестибулярную координацию (11,56%). Но следует выделить и то, что контрольная группа также продемонстрировала большой рост данного признака 6,54%. Статистически значимые различия ($p < 0,05$) у испытуемых контрольной и экспериментальной групп выявлены в темпе движений – теппинг-тест, статической выносливости – времени удержания позы в упоре лежа, устойчивости нервно-мышечных процессов – тест треморометрия.

Контрольная группа по результатам отдельных тестов психофизических качеств продемонстрировала отрицательную динамику. Это показывают такие результаты, как тест «время двигательной реакции» (ВДР) – 3,68% ($p > 0,05$), теппинг-тест – 1,72% ($p < 0,05$), тест «треморометрия» – 14,46% ($p < 0,05$). Не выявлено статистической достоверности в контрольной и экспериментальной группах по тестам время двигательной реакции, концентрация внимания. Необходимо отметить, что результаты показателей психофизических качеств в обеих группах испытуемых не выявили значительной динамики прироста, а в отдельных моментах выявлена отрицательная тенденция.

Выводы

1. Форма организации занятий по дисциплине «Элективные курсы по физической культуре и спорту», проводимых с учетом спортивных предпочтений студентов по выбранным видам спорта, дает возможность

достичь позитивной направленности в динамике результатов по общей физической подготовке и уровня развития психофизических качеств.

2. Отмечается значительный рост в показателях по общей физической подготовке. Статистически достоверные различия итогов обучающихся экспериментальной группы выявлены во всех результатах по общей физической подготовке ($p < 0,05$). В контрольной группе статистически достоверные различия по нормативам: прыжки в длину с места, подтягивание, тест Купера.

3. По результатам исследования определено, что организация занятий спортивной направленности по выбранному виду спорта привела к сравнительно незначительной интенсификации прироста характеристик по психофизическим качествам: статической выносливости, теппинг-тест и тремометрия ($p < 0,05$). По тесту времени двигательной реакции в экспериментальной группе также выявлена положительная динамика, но достоверности различий не получено $p > 0,05$. При увеличении объема выборки достоверность в различиях может появиться. Необходимо указать, что статистически достоверные различия ($p < 0,05$) результатов по отдельным качествам в обеих группах получены только к концу второго года обучения.

Список литературы

1. Тазиева З.Н. Социализация студентов первокурсников в техническом вузе средствами физической культуры и спорта // Культура физическая и здоровье. 2019. № 2 (70). С. 9–11.

2. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Об образовании в Российской Федерации». Ст. 84. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/89677d6cc3961e4197637f3aa2f32cd2de7261ea/ (дата обращения: 16.06.2021).

3. Андрющенко Л.Б., Филимонова С.И. Физическая культура и студенческий спорт в новых социально-экономических условиях России: современный взгляд и точки роста // Теория и практика физической культуры. 2018. № 2. С. 73–76.

4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования от 11.08.2020 № 935. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS %20VO %203++/Spec/230501_C_3_01092020.pdf (дата обращения 16.06.2021).

5. Масалова О.Ю. Физическая культура: педагогические основы ценностного отношения к здоровью: учебное пособие / Под ред. М.Я. Виленского. М.: КНОРУС, 2012. 184 с.

УДК 378.14.015.62

О ПРИЧИНАХ ПАССИВНОГО ОТНОШЕНИЯ СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ К БАЗОВОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ» В ВУЗАХ

[1]Золотухина И.А., [2]Емелин К.Г., [2]Бартенева Л.М., [2]Вдовин С.В.

[1]ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет», Барнаул, e-mail: zolotuxina1979@rambler.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», Барнаул, e-mail: profagau@mail.ru

В статье представлен анализ литературных источников и практических наблюдений, уточняющих роль физического воспитания в подготовке студентов высших учебных заведений. На основе научных изысканий последних лет авторами проанализирован опыт исследователей, раскрывающих возможности курса «Физическая культура» в сохранении и укреплении здоровья студентов, необходимого для полноценного осуществления ими своих будущих профессиональных, трудовых и других жизненно важных функций. Для детального изучения проблем, возникающих в подготовке студентов вуза средствами физического воспитания, нами изучено отношение студентов двух вузов (педагогического и аграрного) к занятиям физической культурой и соотнесены результаты опроса с направлениями их подготовки. Вместе с этим выявлен уровень потребности у студентов в ценностях физической культуры и здорового образа жизни и соотнесены результаты с причинами их пассивного отношения как к самостоятельным физкультурным занятиям, так и к аудиторным занятиям физической культурой. В результате исследования выявлено, что в практике физического воспитания отсутствует ориентация студентов на осознание ими всей важности и необходимости предметной области данной дисциплины с предстоящей профессиональной деятельностью и бытовой активностью. Исходя из этого, вне зависимости от вуза и от направления подготовки, существующий подход к физическому воспитанию студентов нуждается в существенной корректировке как его целевого компонента, так и содержания.

Ключевые слова: предстоящая профессиональная деятельность, будущий специалист, физическое воспитание, физкультурная активность, мотивы-доводы

ABOUT THE REASONS FOR THE PASSIVE ATTITUDE OF STUDENTS OF VARIOUS AREAS OF PREPARATION FOR THE BASIC DISCIPLINE «PHYSICAL EDUCATION» IN UNIVERSITIES

[1]Zolotukhina I.A., [2]Emelin K.G., [2]Barteneva L.M., [2]Vdovin S.V.

[1]Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: zolotuxina1979@rambler.ru;

[2]Altai State Agrarian University, Barnaul, e-mail: profagau@mail.ru

The article presents an analysis of literary sources and practical observations that clarify the role of physical education in the preparation of students of higher educational institutions. Based on the scientific research of recent years, the authors analyzed the experience of researchers who reveal the possibilities of the course «Physical Culture» in preserving and strengthening the health of students necessary for the full implementation of their future professional, labor and other vital functions. For a detailed study of the problems arising in the preparation of university students by means of physical education, we studied the attitude of students of two universities (pedagogical and agricultural) to physical culture classes and correlated the results of the survey with the directions of their training. At the same time, the level of students ‘ need for the values of physical culture and a healthy lifestyle was revealed and the results were correlated with the reasons for their passive attitude, both to independent physical culture classes and to classroom physical culture classes. As a result of the study, it was revealed that in the practice of physical education, there is no orientation of students to realize the importance and necessity of the subject area of this discipline with the upcoming professional activity and household activity. Based on this, regardless of the university and the direction of training, the existing approach to physical education of students needs a significant adjustment, both its target component and content.

Keywords: upcoming professional activity, future specialist, physical education, physical activity, motives-arguments

В современных условиях окружающая действительность характеризуется интенсификацией развития технологических и материальных благ, что требует от человека мобильности, выносливости к интенсивной деятельности, устойчивости к быстро меняющимся условиям трудовой и бытовой деятельности, а также восприимчивости к бесконечному потоку разноплановой информации. Все это предъявляет достаточно высокий уровень требований к подготовке учащейся молодежи к предстоящей профессиональной деятельности в условиях высших учебных заведений. Одним из важных компонентов всесторонней подготовки будущих квалифицированных специалистов в высшей школе считается физическое воспитание.

Цель исследования заключалась в изучении необходимости физического воспитания в профессиональной подготовке обучающихся вузов, а также определении причин пассивного отношения студентов к физическому воспитанию.

Задачи исследования:

1. Проанализировать специальную литературу по вопросам роли и места физического воспитания в профессиональной подготовке будущих квалифицированных специалистов.

2. Изучить отношение студентов к занятиям физической культурой и соотнести результаты опроса с направлениями подготовки квалификации «бакалавр».

3. Выявить уровень потребности у студентов в ценностях физической культуры и здорового образа жизни и соотнести результаты с причинами пассивного отношения студентов к физическому воспитанию.

Материалы и методы исследования

На базе двух вузов г. Барнаула со студентами второго и третьего курсов (АГАУ (n = 485), АлтГПУ (n = 337) были проведены педагогические исследования в форме опроса и анкетирования. В исследовании были задействованы студенты более 40 учебных групп по 6 направлениям подготовки: 01.03.04 – Прикладная математика, 44.03.01 – Педагогическое образование, 44.03.03 – Специальное (дефектологическое) образование (далее – логопеды), 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Автомобили и автомобильное хозяйство (далее – автомобилисты), 21.03.02 – Землеустройство и кадастры, Землеустройство (далее – специалисты по землеустройству), 35.03.04 – Агрономия, Защита растений (далее – агрономы). В качестве средств опроса нами были использованы опросник «Отношение студентов к физическому воспитанию» и анкета для оценки уровня потребности в ценностях физической культуры и здорового образа жизни.

Результаты исследования и их обсуждение

О необходимости физического воспитания учащейся молодежи в условиях высших учебных заведений говорят результаты многочисленных исследований. Так, в своем исследовании А.Н. Лотарев (2013) обозначил «роль и место физической культуры в процессе подготовки специалистов, универсально и глубоко образованных, творчески мыслящих, умеющих быстро адаптироваться в новых условиях, самостоятельно пополняющих свои знания, ориентирующихся в возрастающем потоке научной и общественной информации» [1].

Необходимость физического воспитания в вузе, как ресурсного потенциала в подготовке конкурентоспособности студентов, в своем исследовании отмечал Г.В. Лях (2018) [2]. Мы разделяем мнение С.А. Хазовой, Г.В. Ляха, Е.Г. Плотниковой (2017), которые характеризуют физическое воспитание в вузе как дисциплину с «возможностями для создания условий, отвечающих требованиям конкуренторазвивающей образовательной среды (коммуникативность, коллективистская направленность, психофизиологическая вариативность и напряженность взаимодействия)» [3].

Реализация физического воспитания в вузе позволяет обеспечивать, по мнению К.А. Смышляева, М.Г. Минина, Т.С. Рябовой (2017), «открытие новых возможностей для решения задач формирования общекультурных компетенций, необходимых любому современному специалисту, который хочет успешно функционировать в глобализирующемся, интернациональном мире» [4].

В работе О.В. Булдашевой, О.Н. Суетиной (2017) раскрываются возможности курса «Физическая культура» в сохранении и укреплении здоровья студентов, необходимого для полноценного осуществления своих профессиональных, трудовых и других жизненно важных необходимых функций [5].

Необходимость физического воспитания для коррекции нарушений здоровья и последующего его укрепления у будущих выпускников вузов, отнесенных вследствие нарушений здоровья к специальным медицинским группам, отмечается в работах Е.Б. Ольховской (2017), Е.И. Шеенко (2017), Е.И. Шеенко и Б.Г. Толистинова (2020) [6–8].

А.Ф. Самоуковым, А.М. Шуваловым, А.О. Мироновым (2018) на примере вузов государственной службы рассматривается влияние физического воспитания на результат всесторонней подготовки будущих госслужащих, характеризующихся крепким здоровьем и достаточным уровнем физической и функциональной подготовленности [9].

Вместе с тем, несмотря на значительный научный и практический опыт, накопленный в данном направлении, система и содержание физического воспитания в вузах все же имеют существенные проблемы и недостатки, на что в своих работах указывали О.А. Заплатина (2007), В.М. Наскалов (2010) и др. [10, 11].

Как показывает практический опыт и анализ специальной литературы, одних стараний профессорско-преподавательского состава в устранении имеющихся недостатков и проблем в организации и осуществлении физического воспитания будущих выпускников вузов может быть недостаточно. Изменить ситуацию поможет выявление

отношения студентов к физическому воспитанию как учебной дисциплине, а также интересов и потребностей в физкультурно-спортивных и оздоровительных услугах, реализуемых в вузе [12].

Изучая причины индифферентного отношения студентов к физической культуре, им было предложено указать не менее 10 мотивов, раскрывающих пассивное отношение к самостоятельным занятиям физической культурой, а также нежелание посещать учебные занятия по дисциплине «Физическая культура». Выявленные мотивы-доводы нами были проранжированы в порядке значимости для студентов.

Знакомство с результатами опроса студентов позволило нам определить ведущие причины их пассивного отношения как к самостоятельным, так и к аудиторным занятиям физической культурой. Результаты опроса позволяют видеть ведущие мотивы-доводы в каждой из групп студентов по конкретному направлению подготовки (табл. 1).

Вне зависимости от направления подготовки и вуза во всех шести группах «нехватка свободного времени» занимает ведущую позицию со средним результатом – 32,6%.

Вторую позицию среди причин пассивного отношения к физической культуре со средним показателем 29,2% занимает мотив-довод «Лень». Так, среди студентов педагогического университета выявлено 32,73% «ленивых» студентов, а среди студентов аграрного вуза таких насчитывается 25,67%. Данный показатель скорее можно объяснить большим процентным соотношением студентов: девушек больше в АлтГПУ (которые, по наблюдениям, менее физически активны), а в АГАУ больше юношей (отличающихся большей двигательной активностью).

Не могут распределить собственное время, вследствие чего нет возможности самостоятельно использовать средства физической культуры, 16,0% будущих инженеров-автомобилистов, 15,2% студентов-агрономов» и на третьем месте с результатом 13,1% – будущие специалисты по землеустройству. Студенты педагогических специальностей отличаются большей способностью распределять и ценить свое время. Средний результат у них составил 7,0%, а у студентов аграрного вуза – 14,8%.

У студентов аграрных специальностей отсутствует мотив «Плохое самочувствие», тогда как у студентов педагогического вуза данный показатель составляет в среднем 1,78%. Это можно объяснить двумя причинами: или в педагогическом вузе преподаватели дают большую физическую нагрузку, приводящую к плохому самочувствию, или студенты АГАУ, так как они в основном – юноши, адекватно воспринимают любую нагрузку.

Таблица 1

Рейтинг мотивов-доводов пассивного отношения к физической культуре (в%)

№	Вариант ответа	АлтГПУ			АГАУ		
		01.03.04 – Прикладная математика	44.03.01 – Педагогическое образование	44.03.03 – Специальное образование	23.03.03 – Автомобили и автомобильное хозяйство	21.03.02 – Землеустройство и кадастры, Землеустройство	35.03.04 – Агрономия, Защита растений
1	Нехватка времени	32,7	40,1	37,7	28,4	29,2	27,3
2	Лень	29,8	33,3	35,1	25,6	26,3	25,1
3	Не могу распределить собственное время	6,0	8,9	6,1	16,0	13,1	15,2
4	Усталость	13,1	7,1	0,9	16,1	12,8	17,1
5	Нет желания «напрягаться»	4,5	3,1	6,7	4,9	6,1	5,5
6	Неинтересно	4,4	4,9	5,8	5,9	7,8	6,1
7	Отсутствие условий для занятий	2,3	1,5	3,5	1,3	1,1	1,8
8	Плохое самочувствие (как до, так и после занятий)	2,4	1,1	1,8	0	0	0
9	Другие интересные увлечения	2,7	0	1,3	1,8	2,1	0,8
10	Неудобное время для занятий	2,1	0	1,1	0	1,5	1,1

Таблица 2

Показатели уровня потребности в самостоятельном использовании ценностей физической культуры и здорового образа жизни (в баллах)

№	Уровни потребности	Баллы по 100-балльной шкале	АлтГПУ			АГАУ		
			01.03.04 – Прикладная математика	44.03.01 – Педагогическое образование	44.03.03 – Специальное образование	23.03.03 – Автомобили и автомобильное хозяйство	21.03.02 – Землеустройство и кадастры, Землеустройство	35.03.04 – Агрономия, Защита растений
1	Низкий	1–40	43,1	47	47,5	30,6	28,8	25,4
2	Средний	41–70	54,8	52,7	51	65,5	66,3	70,6
3	Высокий	71–100	2,1	0,3	1,5	3,9	4,9	4

Следующий интересующий мотив-довод – «Усталость». Студенты аграрного вуза во всех трех группах единогласно отметили данный мотив, что может говорить о больших объемах учебной нагрузки, приводящей к утомляемости и невозможности самостоятельно заниматься физической культурой, а также систематически посещать занятия по физической культуре. У студентов педагогических специальностей ответ был неоднозначным в зависимости от направлений подготовки. Так, больше всего (13,3 %) устают в процессе учебной деятельности студенты, обучающиеся по направлению подготовки «Прикладная математика». Студенты остальных направлений подготовки выбрали данный мотив-довод в диапазоне 0,9–7,1 %. Но даже при таком низком проценте утомляемости и достаточно хорошем умении распоряжаться временем (планировать его) студенты педагогического вуза не проявляют самостоятельной физкультурной активности, что, как уже было отмечено выше, отражено в их лени и нехватке времени на физкультурную активность. Здесь стоит задуматься преподавателям педагогического вуза, так как они готовят будущих учителей, которые должны в предстоящей педагогической деятельности подавать пример при воспитании обучающихся. К числу таких примеров стоит отнести не только физическую форму учителя, но и его физические возможности, позволяющие успешно выполнять программные средства по физической культуре вне зависимости от пола и возраста.

Среди причин, которые не вошли в табличный перечень, но которые обязательно нужно иметь в виду, стоит отметить следующие: «Плохое здоровье», «Плохое питание», «Проблемы с транспортом», «Дороговизна физкультурных услуг» и др. Вместе с тем совместный анализ со студентами мотивов-доводов дает основание полагать, что все причины можно свести к одной – отсутствие осознания всей пользы физкультурной активности как для поддержания здоровья, так и для осуществления полноценной собственной жизнедеятельности, в том числе предстоящей успешной профессиональной деятельности.

Анализ отношения к самостоятельным занятиям физической культурой позволяет проранжировать в рамках 100-балльной шкалы студентов различных направлений подготовки двух вузов по трем уровням потребности в самостоятельной физкультурной активности (табл. 2).

Так, в трех исследуемых группах педагогического вуза наблюдается чуть менее половины студентов с низким уровнем потребности (диапазон от 43,1 до 47,5 %), тогда как в группах аграрного вуза с низким уровнем потребности обнаружено менее трети студентов. У студентов педагогического вуза с высоким уровнем потребности выявлено в среднем 1,3 % обучающихся, в группах студентов АГАУ – 4,3 %. Со средним уровнем потребности студенты АГАУ превышают уровень потребности студентов педагогического вуза на 13 %. Гипотетически можно предположить, что в силу предстоящей профессиональной деятельности студентов аграрного вуза, связанной с выполнением производственных задач, характеризующихся высокой двигательной активностью и богатым арсеналом двигательной базы, уровень их потребности в ценностях физической культуры значительно выше будущих педагогов. Деятельность будущих учителей сопряжена с более низкой двигательной активностью и не требует владения широким арсеналом двигательной базы. Вследствие этого нет необходимости в процессе занятий физической культурой намеренно повышать у студентов двигательную активность и их физическую подготовленность. Как показывают собственные наблюдения и практический опыт, с целью сохранения здоровья и нормаль-

ной жизнедеятельности вполне достаточно и среднего уровня потребности в ценностях физической культуры и здорового образа жизни.

Но интересен и следующий факт, выявленный при опросе студентов. Так, значительная часть студентов педагогического вуза считает, что физическая культура как учебная дисциплина в вузе не нужна (43,4%), при этом никак не связывая результаты занятий с предстоящей профессиональной и бытовой деятельностью. Среди студентов аграрного вуза отрицающих необходимость физической культуры и не осознающих ее практической значимости обнаружено существенно меньше – 18,3%. «Пустая трата времени» как характеристика бесполезности предмета «Физическая культура» характерна для той группы студентов, для которых характерен низкий уровень потребности в ценностях физической культуры.

Непонимание студентами необходимости физической культуры в вузе как учебной дисциплины мы можем объяснить следующими причинами: физическое воспитание организуется без учета особенностей и физических возможностей студентов; на занятиях используется материал, идущий вразрез с интересами и приоритетами занимающихся; в практике физического воспитания отсутствует ориентация студентов на осознание ими всей важности и необходимости предметной области данной дисциплины с предстоящей профессиональной деятельностью и бытовой активностью.

Преподавателям физического воспитания стоит обратить внимание на то, что ориентация студентов на осознание ими всей важности и необходимости предметной области данной дисциплины с предстоящей профессиональной деятельностью и бытовой активностью является, по нашему мнению, основной задачей в работе с учащейся молодежью.

Только в случае осознания студентом всей значимости самостоятельного использования средств физической культуры через непосредственную реализацию данного требования на конкретных примерах в условиях урочных занятий, обучающийся проникнется пользой получаемой информации и предпримет всевозможные усилия по опробованию и последующему самостоятельному использованию физкультурных средств в предстоящей профессиональной и повседневной бытовой деятельности. Очевидно, что адекватный предстоящей профессиональной деятельности уровень потребности в ценностях физической культуры, на который должны ориентироваться преподаватели в подготовке студентов, позволит свести к минимуму заболеваемость будущих квалифицированных специалистов и создать экономически выгодную ситуацию для предприятий с меньшим количеством листов нетрудоспособности.

Заключение

Результаты анализа литературы дают полное основание утверждать, что физическая культура, как дисциплина образовательного и воспитательного характера, жизненно и экономически необходима в подготовке здоровых, всесторонне развитых и морально устойчивых специалистов.

Среди причин пассивного отношения к физической культуре у студентов обоих вузов обнаружены однородные мотивы-доводы. Ведущие позиции, вне зависимости от направления подготовки и вуза, занимают «нехватка времени», «лень», «усталость» и «неумение распределять собственное время».

У студентов педагогического вуза выявлен существенно более низкий по отношению к студентам аграрного университета уровень потребности в ценностях физической культуры и здорового образа жизни. В педагогическом вузе с низким уровнем потребности в среднем выявлено 45,9% студентов, со средним – 52,8% и с высоким уровнем потребности обнаружено 1,3%. У студентов аграрного вуза выявлен в среднем низкий уровень потребности в 28,2% случаях, средний уровень – 67,47% и высокий уровень потребности – 4,27%.

Путем анализа литературы и собственных наблюдений обнаружено, что адекватный предстоящей профессиональной деятельности уровень потребности в ценностях физической культуры, на который должны ориентироваться преподаватели в подготовке студентов, позволит свести к минимуму заболеваемость будущих специалистов и создать экономически выгодную ситуацию для предприятий с меньшим количеством листов нетрудоспособности.

Беря во внимание полученные результаты исследования, есть возможность переориентировать процесс физического воспитания в вузах с традиционно-формального на продуктивно-творческий, дающий качественный результат в подготовке выпускников вузов, в будущем квалифицированных специалистов различных сфер деятельности.

Список литературы

1. Лотарев А.Н. Роль физической культуры в профессиональной подготовке студентов // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. 2013. № 1. [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-fizicheskoy-kultury-

v-professionalnoy-podgotovke-studentov (дата обращения: 05.07.2021).

2. Лях Г.В. Моделирование системы физкультурно-оздоровительного сопровождения формирования основ конкурентоспособности студентов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2018. № 1 (213). С. 176–182.

3. Хазова С.А., Лях Г.В., Плотников Е.Г. Ресурсный потенциал физического воспитания в развитии личностной конкурентоспособности студентов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2017. № 3 (203). С. 172–182.

4. Смышляев К.А., Минин М.Г., Рябова Т.С. Физическое воспитание студенческой молодежи в условиях интернационализации образовательной среды российского вуза // Вестник ТГПУ. 2017. № 9 (186). С. 83–89.

5. Булдашева О.В., Суетина О.Н. Роль теоретического курса «Физическая культура» в сохранении и укреплении здоровья студентов // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. 2017. № 4 (36). С. 67–71.

6. Ольховская Е.Б. Профессионально-прикладная физическая подготовка студентов с ослабленным здоровьем // Инновационная наука. 2017. № 2–2. С. 188–190.

7. Шеенко Е.И. Эволюция предметного поля диссертационных исследований по проблемам физического воспитания в специальных медицинских группах // Современный ученый. № 3. 2017. С. 177–181.

8. Шеенко Е.И., Толистинов Б.Г. Компьютерная программа мониторинга физического воспитания для студентов вузов // Мир науки. Педагогика и психология. 2020. № 2. [Электронный ресурс]. URL: https://mir-nauki.com/PDF/64PDMN220.pdf (дата обращения: 05.07.2021).

9. Самоуков А.Ф., Шувалов А.М., Миронов А.О. Базисные предпосылки эффективного управления физическим воспитанием студентов вузов государственной службы // Ученые записки университета Лесгафта. 2018. № 5 (159). С. 249–252.

10. Заплатина О.А. Роль физического воспитания в подготовке студентов вуза к будущей профессиональной деятельности: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Кемеров. гос. ун-т. Кемерово, 2007. 24 с.

11. Наскалов В.М. Физическое воспитание студентов вузов на современном этапе // Ученые записки университета Лесгафта. 2010. № 12 (70). С. 87-92.

12. Шеенко Е.И., Бердышева Е.В., Толистинов Б.Г., Валынкин Р.О. Физическое воспитание студентов как направление маркетинговой деятельности вуза // Гарантии качества профессионального образования: тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Барнаул: АлтГТУ, 2017. С. 241–244.

УДК 378.147.88

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВОРОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ В РАМКАХ ПРОГРАММЫ «1000 ДВОРОВ» В ПРИМОРСКОМ КРАЕ КАК ЧАСТЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ АРХИТЕКТУРНО-ДИЗАЙНЕРСКОГО ПРОФИЛЯ

[1]Иванова О.Г., [2]Копьёва А.В., [2]Масловская О.В., [3]Храпко О.В.

[1]ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, e-mail: 3wishes@mail.ru;

[2]ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: 457594@mail.ru, oxym69@gmail.com;

[3]Ботанический сад-институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: ovkhrapko@yandex.ru

Основой построения учебного процесса в двух вузах г. Владивостока – ВГУЭС и ДВФУ – является практико-ориентированное обучение. Данный вид обучения акцентирует внимание на разработке средств интенсификации профессионального развития человека в ситуации, имитирующей его будущую профессиональную деятельность, благодаря выполнению реальных практических задач в учебное время. Изучение архитектурно-дизайнерских дисциплин во ВГУЭС и в ДВФУ включает в себя выполнение дизайн-проектов придомовых территорий массовой жилой застройки в Приморском крае в рамках программы «1000 дворов». Объектом исследования является практико-ориентированный метод обучения и его роль в процессе подготовки студентов архитектурно-дизайнерского профиля. Цель исследования – выявление возможностей практико-ориентированного метода обучения и его роли в образовательном процессе подготовки дизайнеров и архитекторов. Теоретической базой работы послужили исследования, посвященные особенностям практико-ориентированного обучения студентов – дизайнеров и архитекторов, исследованию основных проблем благоустройства придомовых территорий и выявлению уровня их комфортности. Практической базой исследования послужил опыт проектирования дворовых территорий в рамках программы «1000 дворов» в Приморском крае как часть практико-ориентированного обучения студентов архитектурно-дизайнерского профиля. Включение коллективов вузов, имеющих архитектурно-дизайнерские направления подготовки студентов, в программу создания комфортной среды и благоустройства «1000 дворов» в Приморском крае позволяет студентам получать необходимые навыки профессиональной деятельности в рамках практико-ориентированного обучения, а жителям – осуществлять уникальные дизайн-проекты с использованием креативных ландшафтно-композиционных приемов.

Ключевые слова: практико-ориентированное обучение, ландшафтное проектирование, благоустройство, придомовая территория, двор

DESIGN OF RESIDENTIAL BLOCK-ADJACENT AREAS UNDER THE *1000 YARDS* PROGRAM IN PRIMORYE REGION AS A PART OF ARCHITECTURE AND DESIGN STUDENTS' PRACTICE-ORIENTED EDUCATION

[1]Ivanova O.G., [2]Kopeva A.V., [2]Maslovskaya O.V., [3]Khrapko O.V.

[1]Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: 3wishes@mail.ru;

[2]Far-Easten Federal University, Vladivostok, e-mail: 457594@mail.ru, oxym69@gmail.com;

[3]Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: ovkhrapko@yandex.ru

Educational process at Vladivostok State University of Economics and Service (VSUES) and Far Eastern Federal University (FEFU) is highly practice-oriented. This kind of learning emphasizes developing ways to intensify personal professional growth through completing real-life projects in situations closely imitating work settings. At VSUES, FEFU, architectural, and design studies include developing design of residential block-adjacent areas under the *1000 Yards* Program implemented in Primorye Region. This research focuses on practice-oriented approach and its role in training students majoring in architecture and design. The purpose of study is to identify the opportunities provided by practice-oriented approach and its role in the process of architecture and design students' training. A number of studies researching specifics of architecture and design students' pracitce-oriented education, identifying major challenges for improvement of block-adjacent areas, and assessing their level of comfort provided theoretical foundations for this paper. In practical terms, this paper is based on the experience of designing block-adjacent areas within the scope of the *1000 Yards* Program in Primorye Region as a part of architecture and design students' practice-oriented education. Incorporating faculty, staff and students of the Universities that provide courses in architecture and design into the *1000 Yards* Program in Primorye Region for creating comfortable environment and improvements enables the students to acquire necessary professional skills through hands-on learning, and the citizens to have unique design projects featuring creative techniques of landscaping implemented.

Keywords: practice-oriented education, landscaping design, improvement, adjacent area, yard

Дворовая территория – это пространство, прилегающее к жилым зданиям, либо внутри периметра, образованного жилыми домами, ограниченное строениями или ограждениями и находящееся в общем пользовании жильцов. В интересах жиль-

цов домов на территории двора размещаются детские или спортивные площадки, места для отдыха, сушки белья и парковки личных автомобилей. Согласно СП 42.13330.2016 «границы, размеры и режим использования земельных участков при многоквартирных жилых домах, находящихся в общей долевой собственности членов товарищества – собственников жилых помещений в многоквартирных домах, определяются в градостроительной документации с учетом законодательства Российской Федерации и нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации» [1, п. 5.9].

Для дворов российских городов характерны многие проблемы, такие как отсутствие достаточных мест для парковки личных автомобилей; подтопляемость территорий из-за неэффективности или отсутствия системы отвода дождевых и талых вод; отсутствие элементов доступной среды; недостаточная освещенность территорий, низкий уровень безопасности для населения; непродуманное функциональное зонирование территорий; ветхость элементов наполнения и их несоответствие современным эстетическим и функциональным требованиям.

Но в последнее время благоустройству городской среды уделяется особое внимание. Происходит переход от решения чисто утилитарных задач к созданию комфортной гармоничной среды, имеющей эстетическую ценность. В 2016 г. на всей территории России под руководством Минстроя стартовал проект «Формирование комфортной городской среды». В 2017 г. по инициативе главы Приморского края в рамках федерального проекта были разработаны программы по благоустройству дворов: «400 дворов», а затем – «1000 дворов» [2]. Цель программы «1000 дворов» – улучшение состояния придомовых территорий муниципальных образований Приморского края.

Для участия в программе жителям необходимо обратиться в администрацию города с заявкой для участия в конкурсе и приложить к заявке дизайн-проект благоустройства дворовой территории или отдельных участков – детской или спортивной площадки. В рамках дизайн-проекта предусматривается благоустройство дворов, отражаются основные принципы функционального зонирования, обосновываются планировочные и объемно-пространственные решения, решения по реконструкции элементов озеленения, покрытий и малых архитектурных форм. Кроме того, вносятся предложения по организации безбарьерной среды для маломобильных групп населения (МГН).

Объект исследования – практико-ориентированный метод обучения и его роль в процессе подготовки студентов архитектурно-дизайнерского профиля при выполнении дизайн-проектов ландшафтной организации и благоустройства дворовых территорий в рамках программы «1000 дворов» в Приморском крае.

Цель исследования – выявление возможностей практико-ориентированного метода обучения и его роли в образовательном процессе подготовки студентов-дизайнеров и архитекторов.

Материалы и методы исследования

Теоретической базой работы послужили исследования, посвященные особенностям практико-ориентированного обучения студентов – дизайнеров и архитекторов [3]; исследованию основных проблем благоустройства придомовых территорий [4, 5]; формированию современной городской среды путем реконструкции придомовых территорий [6–8]; выявлению уровня комфортности дворовых пространств [9–11]; оценке ландшафтно-рекреационного потенциала жилых дворов [12]; использованию декоративных растений при озеленении придомовых территорий [13, 14] в рамках тем НИР БСИ ДВО РАН на 2020-2021 гг. в ЕГИСУ НИОКТР: АААА-А20-120031990009-4 и АААА-А20-120042090002-0.

Студенческие коллективы при выполнении дизайн-проектов благоустройства дворовых территорий в рамках программы «1000 дворов» под руководством преподавателей проходят все этапы, соответствующие требованиям к проектированию и выполнению проектной документации согласно графику выполнения работ в реальной проектной организации. Основными этапами практико-ориентированного обучения студентов при выполнении проектов благоустройства жилых дворов являются:

1) предпроектный анализ: исследование градостроительной ситуации территории объектов проектирования, социально-утилитарный анализ; анализ благоустройства аналогичных объектов в мировой и российской практике; анализ нормативных документов, регламентирующих проектирование; формирование авторской концепции;

2) проектирование: разработка концепции благоустройства территорий проектируемых объектов; выполнение эскизов благоустройства согласно концепции, и согласование с заказчиком дизайн-проекта; выполнение альбома чертежей дизайн-проекта благоустройства;

3) оформление документации к дизайн-проекту благоустройства и ее передача заказчику.

На первом этапе при выезде на объекты студенты проводят обследование дворовых территорий, затем выполняют социально-утилитарный анализ, выясняют процессы, проходящие во дворах, и определяют потребность в их изменении в проекте благоустройства. Встречаясь с жителями дворов, студенты проводят анкетные опросы и учитывают их результаты при разработке дизайн-проектов. Студенты охотно работают с жителями, развивают навыки общения, учатся обобщать и анализировать данные анкетирования. Обучение студентов такому методу исследований является очень важным, так как опрос – часто единственно приемлемый метод прогнозирования с привлечением экспертов для сбора данных и определения тенденций благоустройства проектируемого объекта на основе мнений и рекомендаций непосредственных пользователей.

В ходе анализа дворовых территорий в населенных пунктах края студенты выяснили, что они находятся в неудовлетворительном состоянии. В современной жилой застройке дворы являются в основном проходными. Невозможность контроля над территорией отрицательно сказывается на отношении жителей к преобразованию этой среды, сохранности оборудования, а также к отдыху вблизи жилища [15]. Во многих дворах пришли в негодность скамьи и детское игровое оборудование, частично или полностью разрушены дорожные покрытия, погибла часть озеленения. В связи с увеличившимся количеством личных автомобилей во дворах не хватает парковочных мест, и машины располагаются на тротуарах и газонах. Полностью отсутствуют элементы доступной среды. Дворы не отличаются уютом и не комфортны для отдыха.

К предпроектному этапу также относится поиск научных публикаций по теме исследования и нормативной литературы. Анализ нормативных требований, регламентирующих проектные работы, является наиболее важным, так как дизайн-проекты являются не академическими, а практическими, предусматривающими их обязательную дальнейшую реализацию.

Сбор и изучение прототипов, проектов или реализованных объектов, подобных проектируемому по функциональному назначению, месту строительства или условиям проектирования, помогает студентам «настроиться» на проектирование, быть в «тренде» современных актуальных эстетических и функциональных требований. Методика исследования прототипов состоит из работы с интернет-источниками, студенты проводят отбор и анализ иллюстративных материалов. Выбор определенных аналогов, приоритетов, предпочтений во многом зависит от личности и эрудиции студентов. Задача преподавателя – сориентировать студентов в информационном поле и направить поиск в нужном направлении.

Формирование авторской концепции является творческой проектной установкой по решению проблем, установке приоритетов и ценностей в рамках дизайн-проекта. При разработке концепции преподаватель предлагает студентам придерживаться следующего алгоритма: вначале выявляются существующие процессы, проходящие на территории двора и определяются их зоны, а затем, на основе предпроектного анализа, разрабатывается схема проектируемого функционального зонирования, формируется каркас пешеходных и транспортных путей, распределяются зоны парковки и хозяйственные зоны, зоны шумного (детские и спортивные площадки) и тихого отдыха, а также другие хозяйственно-бытовые площадки и элементы наполнения. На основе схемы проектируемого зонирования группа приступает к выполнению концептуальных эскизов благоустройства дворовой территории.

Как правило, в процессе этой работы задача преподавателя сводится к корректировке выбранных студентами планировочных решений. Студентам предлагается выполнить три варианта эскизных решений, которые могут отличаться размещением функциональных зон и стилевой направленностью. Большое внимание уделяется подбору ассортимента растений. Поскольку дворы располагаются в различных микроклиматических и градостроительных условиях, студенты получают консультации сотрудников Ботанического сада-института ДВО РАН и используют рекомендации по подбору ассортиментов растений для озеленения придомовых территорий в условиях Приморского края [13, 14].

После выбора заказчиком концептуального решения студенты выполняют документацию к дизайн-проекту. Одним из важнейших этапов практико-ориентированного обучения является взаимодействие студентов с заказчиками реальных объектов, с которыми им приходится согласовывать свои проектные решения. В рамках академического классического образования студенческие работы, оставаясь собственностью университета, оцениваются лишь преподавателем кафедры с точки зрения соответствия нормативным требованиям

и аккуратности выполнения в соответствии с заданием на проектирование. Взаимодействие с реальным заказчиком дает возможность студентам уже на этапе обучения влиться в процесс реальной профессиональной деятельности, взаимодействовать с бизнес-средой, общественностью и административными кругами города и края. Кроме того, понимание того, что проект не «ляжет на полку» на кафедре, а будет реализован и преобразит облик населенного пункта, является мощным стимулом их проектной деятельности. Представление и защита готовых проектных решений перед заказчиком и общественностью помогает студентам оценить значимость своей работы, мотивирует их на дальнейшее активное участие в практико-ориентированном обучении при выполнении архитектурно-дизайнерских проектов.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение архитектурно-дизайнерских дисциплин во ВГУЭС и в ДВФУ включает в себя выполнение дизайн-проектов придомовых территорий массовой жилой застройки в Приморском крае в рамках программы «1000 дворов» [2]. Основой построения учебного процесса во ВГУЭС с 2007 г. является практико-ориентированное обучение, которое реализуется как при изучении дисциплин, так и во время прохождения практик. Данный вид обучения акцентирует внимание на разработке средств интенсификации профессионального развития человека в ситуации, имитирующей его будущую профессиональную деятельность благодаря выполнению реальных практических задач в учебное время [3]. В течение 2017–2020 гг. студенты кафедры дизайна и технологий ВГУЭС под руководством преподавателей в рамках практико-ориентированного обучения выполнили более 10 дизайн-проектов благоустройства дворовых территорий в г. Владивостоке, а также селах и поселках Приморского края: с. Центральное, с. Многоудобное, с. Романовка, пос. Новонежино и пос. Преображение.

Студенты совместно с преподавателями выезжали на объекты проектирования, проводили предпроектный анализ, натурное обследование территории, обмеры, выполняли зарисовки и фотофиксацию существующего состояния дворов (рис. 1).

Студенты, проводили также опрос жителей, выясняя нужды будущих пользователей. На основе результатов предпроектного анализа были выполнены экспериментальные эскизные проекты с новым функциональным наполнением придомовых территорий в соответствии с пожеланиями жильцов и соблюдением интересов всех групп пользователей: детей, подростков и молодежи, взрослых: пенсионеров и МГН, автомобилистов, владельцев домашних животных и т.д. Все проектные предложения по функциональному зонированию и наполнению дворов согласовывались с заказчиками, часть проектов уже реализована, остальные находятся в стадии реализации (рис. 2, 3).

В ДВФУ в рамках изучения дисциплины «Ландшафтное проектирование» практико-ориентированное обучение введено с 2010 г. За этот период, с 2010 по 2021 г., выполнено более 30 экспериментальных эскизных проектов ландшафтной организации придомовых территорий массовой жилой застройки в г. Владивостоке (рис. 4, 5).

Рис. 1. Выезд студентов ВГУЭС на обследование дворовых территорий в сельские поселения Приморского края

Рис. 2. Проект ландшафтной организации дворовой территории в п. Романовка. Работа студентки ВГУЭС Вакулиной Владиславы, 2018 г.

Рис. 3. Дизайн-проект благоустройства дворовой территории в г. Владивостоке. Работа студентов ВГУЭС Ведешиной Ирины и Николаевой Александры, 2020 г.

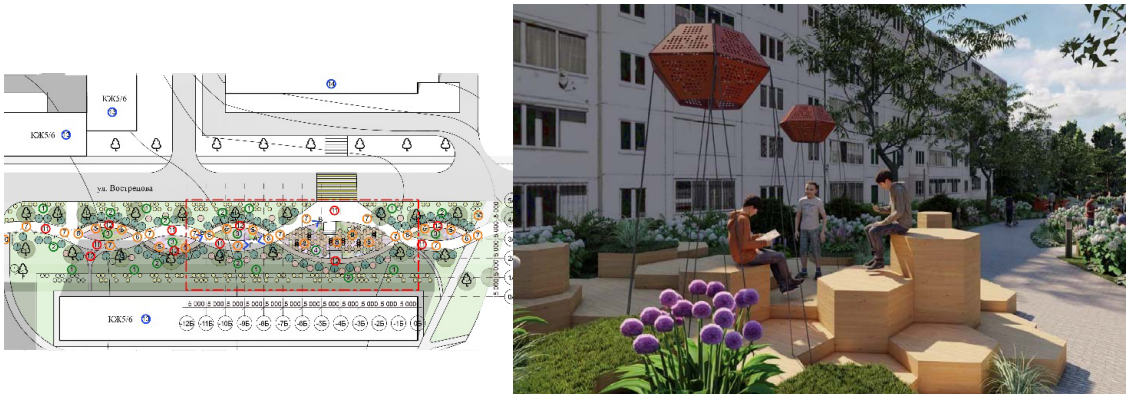


Рис. 4. Проект ландшафтной организации дворовой территории по ул. Вострецова, 8, в г. Владивостоке. Работа студентки ДВФУ Ткачевой Софьи, 2021 г.

Рис. 5. Ландшафтная организация дворовой территории по ул. Ильичёва, 14 и 16, в г. Владивостоке. Работа студентов ДВФУ Косовой Ксении и Шабельниковой Валерии, 2021 г.

Практико-ориентированные проекты студентов ДВФУ выполнялись как по заказу администрации г. Владивостока – в связи с мероприятиями, связанными с подготовкой к саммиту стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТЭС) – в 2012 г., Восточным экономическим форумам (ВЭФ) – с 2015 по 2021 г., так и по заказам различных товариществ собственников жилья (ТСЖ).

Заключение

Анализ опыта введения практико-ориентированного обучения студентов архитектурно-дизайнерского профиля в двух вузах г. Владивостока – ВГУЭС и ДВФУ при изучении проектных дисциплин свидетельствует о получении обучающимися важных навыков в ситуациях, имитирующих будущую профессиональную деятельность благодаря выполнению реальных практических задач в учебное время. В связи с тем, что земельные участки, прилегающие к жилым домам, в настоящее время являются собственностью жильцов, благоустройство территории уже не является обязанностью администрации населенных пунктов. Решение о выборе проектной организации, в которой будет заказан дизайн-проект благоустройства придомовой территории, принимают сами жители. Включение коллективов вузов, имеющих архитектурно-дизайнерские направления подготовки студентов, в программу создания комфортной среды и благоустройства придомовых территорий «1000 дворов» в Приморском крае позволяет студентам получать необходимые навыки профессиональной деятельности в рамках практико-ориентированного обучения, а жителям – осуществлять уникальные дизайн-проекты с использованием креативных ландшафтно-композиционных приемов, ассортиментов декоративных растений, устойчивых в данных условиях.

Список литературы

1. СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. URL: https://docs.cntd.ru/document/456054209 (дата обращения: 03.06.2021).

2. Федеральный проект «Комфортная городская среда». Текст: электронный // Правительство Приморского края: [сайт]. URL: https://www.primorsky.ru/komfortnaya-sreda/o-proekte/ (дата обращения: 06.06.2021).

3. Копьёва А.В., Иванова О.Г. Практико-ориентированный подход в процессе выполнения ландшафтных проектов студентами кафедры дизайна ВГУЭС // Проблемы озеленения населенных пунктов: материалы городской научно-практической конференции; Владивосток, 1 декабря 2011 года; Администрация г. Владивостока. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2011. С. 210–213.

4. Бабушкина Л.В. Формирование комфортных условий проживания на территориях жилой застройки средствами архитектурного благоустройства (на примере г. Екатеринбурга) // Интеллектуальный потенциал XXI века: Ступени познания. 2012. № 10–1. С. 7–10.

5. Третьякова П.А., Шутова О.А. Исследование основных проблем благоустройства придомовых территорий районов с пятиэтажной застройкой // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2013. № 2. С. 131–138.

6. Гиря Л.В., Хоренков С.В., Головатенко Е.С., Черкезия Д.Г. Формирование современной городской среды путем реконструкции придомовых территорий многоквартирных домов // Инженерный вестник Дона. 2019. № 3 (54). С. 43.

7. Самойлова Н.В., Чернов Р., Сизонова В. Актуальные проблемы реконструкции дворовых территорий на примере г. Волгограда // Символ науки: международный научный журнал. 2016. № 12–3(24). С. 187–194.

8. Столбова В.А. Комплексная регенерация городской пространственно-территориальной среды // Недвижимость: экономика, управление. 2011. № 2. С. 50–54.

9. Кульков А.А., Рогожникова А.А. Проблемы формирования комфортной и безопасной среды дворового пространства в условия развития жилищного строительства // Российское предпринимательство. 2017. Т. 18. № 23. С. 3847–3891.

10. Стрикаускас Л.В., Копьёва А.В., Масловская О.В. Выявление уровня комфортности придомовых территорий жилой застройки в г. Владивостоке // Новые идеи нового века – 2018: Материалы Восемнадцатой международной научной конференции: в 3 т. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2018. Т. 2. С. 311–317.

11. Стрикаускас Л.В., Копьёва А.В., Масловская О.В. Выявление комфортности популярных детских игровых

площадок города Владивостока // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации: Материалы Третьей международной научной конференции, 17–19 апреля 2018 г., Владивосток. Вып. 3 / Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2018. С. 199–202.

12. Березин Д.В., Маковкина Е.В. Количественная оценка рекреационно-ландшафтного потенциала наружных жилых территорий // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2017. № 3 (34). С. 15–19.

13. Храпко О.В., Головань Е.В., Копьёва А.В., Храпко Ю.Е. Подходы к созданию озеленения придомовых территорий // Проблемы озеленения крупных городов: Материалы XI Международной научно-практической конференции. Москва, 6–7 февраля 2008 г. М.: Прима-пресс Экспо, 2008. С. 31–33.

14. Храпко О.В., Головань Е.В., Копьёва А.В. Основные принципы создания зеленых насаждений на придомовых территориях // Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство: современные тенденции: в 2-х т.: материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 3–4 сентября 2010 г. / Под ред. В.В. Кругляка. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного лесотехнического университета, 2010. Т. 2. С. 159–164.

15. Приморье находится в лидерах по реализации проекта по комфортной городской среде. [Электронный ресурс]. URL: https://primamedia.ru/news/618805/ (дата обращения: 06.06.2021).

УДК 372.862:378.184

О ПРИОБРЕТЕНИИ ОПЫТА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ БУДУЩИМИ IT-СПЕЦИАЛИСТАМИ В УСЛОВИЯХ СТУДЕНЧЕСКОГО КРУЖКА

Ковалев С.В., Копышева Т.Н., Митрофанова Т.В., Смирнова Т.Н.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: srgkov@gmail.com

Настоящая статья посвящена теме активизации научно-исследовательской деятельности обучающихся в условиях студенческого научного кружка при подготовке будущих ИТ-специалистов. Получение первичных навыков научно-исследовательской работы предусмотрено Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» в рамках различного рода практик. В дополнение к практикам авторами предложен вспомогательный способ достижения данной цели в условиях студенческого научного кружка. По мнению авторов, подобный подход помогает выделить активных, любознательных и целеустремленных студентов, способствует повышению эффективности образовательного процесса в частности и конкурентоспособности выпускников на рынке труда в целом. Большое значение отводится разнообразным формам повышения познавательной активности, самоорганизации, самопрезентации и развития творческих способностей студентов как неотъемлемых составляющих облика современного успешного выпускника. В данной работе внимание сконцентрировано на обучении будущих бакалавров направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем». В качестве примера приобретения опыта научно-исследовательской работы будущими IT-специалистами в условиях студенческого кружка рассмотрены некоторые задачи, решенные средствами современных информационных технологий: разработка модели птичьей стаи, разработка компьютерной игры «Искусственный интеллект противников», разработка интеллектуальной системы регулировки трафика автомобилей на основе нейронной сети г. Чебоксары, разработка кроссплатформенного мобильного приложения для обучения иностранным языкам.

Ключевые слова: студенческое научное общество, студенческий научный кружок, научно-исследовательская деятельность студентов, информационные технологии, игровая симуляция

ABOUT GAINING EXPERIENCE IN RESEARCH WORK OF FUTURE IT SPECIALISTS IN THE CONDITIONS OF A STUDENT CIRCLE

Kovalev S.V., Kopysheva T.N., Mitrofanova T.V., Smirnova T.N.

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Cheboksary, e-mail: srgkov@gmail.com

This article is devoted to the topic of activating the research activities of students in the conditions of a student scientific circle in the preparation of future IT specialists. Obtaining primary skills of research work is provided by the Federal State Educational Standard of Higher Education in the field of training 09.03.01 “Computer Science and Computer Engineering” within the framework of various practices. In addition to the practices, the authors propose an auxiliary way to achieve this goal in the conditions of a student scientific circle. According to the authors, such an approach helps to identify active, curious and purposeful students, contributes to improving the efficiency of the educational process in particular and the competitiveness of graduates in the labor market in general. Great importance is given to various forms of increasing cognitive activity, self-organization, self-presentation and development of creative abilities of students as integral components of the image of a modern successful graduate. In this work, attention is focused on the training of future bachelors of the training direction 09.03.01 “Computer Science and computer engineering”, the profile “Software of computer equipment and automated systems”. As an example of the acquisition of research experience by future IT specialists in the conditions of a student circle, some tasks solved by means of modern information technologies are considered: the development of a bird flock model, the development of a computer game “Artificial Intelligence of opponents”, the development of an intelligent system for regulating car traffic based on the neural network of the city of Cheboksary, the development of a cross-platform mobile application for teaching foreign languages.

Keywords: student scientific society, student scientific circle, student research activities, information technologies, game simulation

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» образовательная организация готовит выпускников к решению нескольких типов задач профессиональной деятельности, в том числе научно-исследовательской [1]. В Блоке 1 «Дисциплины (модули)» студенты осваивают дисциплины, изучение которых напрямую не предусматривает проведение научных исследований. Для этого предназначен Блок 2 «Практика», в состав которого входят учебная и производственная практики. В ФГОС ВО явно выделены соответствующие типы практики: научно-исследовательская работа (получение первичных навыков

научно-исследовательской работы) в рамках учебной практики и научно-исследовательская работа как тип производственной практики. В соответствии с учебными планами учебная практика предусмотрена по завершении первого года обучения, а производственная – на старших курсах. Очевидно, что выделенного объема часов недостаточно для формирования навыков научно-исследовательской работы надлежащего качества. Авторы полагают, что организация студенческой кружковой работы во внеурочное время [2] способствует решению данного вопроса для некоторой доли студентов, так как она организуется на добровольной основе.

Подобный подход способствует равномерному распределению учебной нагрузки и самостоятельной работы обучающихся, помогает выделить активных, любознательных и целеустремленных студентов, способствует повышению эффективности образовательного процесса и конкурентоспособности выпускников на рынке труда в целом.

В статье рассматриваются возможности приобретения опыта научно-исследовательской работы будущими ИТ-специалистами в условиях студенческого научного кружка.

Материалы и методы исследования

Вопросам организации кружковой работы в вузе посвящен ряд работ, авторы которых исследуют разнообразные аспекты и категории данной сферы. В работах, связанных с подготовкой будущих ИТ-специалистов в формате студенческого кружка, информационные технологии рассматриваются и как инструмент взаимодействия, и как объект исследования в части применения информационных технологий в различных сферах профессиональной деятельности [3]. Важной составляющей становления ИТ-специалистов является проектная деятельность студентов [4]. Современные требования работодателей включают в себя разрешение внештатных задач и умение работать в команде, а также возможность монетизации проекта.

Наиболее важным представляется рассмотрение методики приобретения опыта научно-исследовательской работы будущими IT-специалистами в условиях студенческого научного кружка, принятой на факультете информатики и вычислительной техники Чувашского государственного университета.

1. Выбор тематики исследования. Тематика работы кружка связана с дисциплинами учебного плана. Примерный перечень тем исследовательских работ формируется на основе задач, решаемых в рамках учебной дисциплины. Данный перечень дополняется вопросами, отведенными для самостоятельной работы студента, либо требующими изучения дополнительного материала для освоения базовых тем. Активные студенты активно способствуют расширению списка тем исследовательских работ, что в общем случае требует креативности мышления.

2. Заседания студенческого кружка. Оптимальным режимом заседаний кружка признан график один-два раза в неделю в течение семестра. В последний месяц до окончания каждого семестра организуется работа традиционных студенческих конференций нашего вуза – Регионального фестиваля студентов и молодежи «Человек. Гражданин. Ученый» и Всероссийской научной студенческой конференции по техническим, гуманитарным и естественным наукам.

3. Отбор работ для участия в студенческих конференциях. В большинстве случаев не все студенты, изначально выразившие желание принимать участие в заседаниях кружка, доводят начатую работу до конца. Лишь некоторая часть ребят выступает с докладами на конференциях и занимается подготовкой материалов к публикации. Основные причины «схода с дистанции» таковы: низкий уровень самоорганизации и самодисциплины несмотря на высокий уровень мотивации (студенты – участники конференций поощряются дополнительными баллами при промежуточной аттестации).

4. Выступление с докладом на студенческой конференции. Выступление с докладом в рамках весьма ограниченного времени представляет собой серьезное испытание для большинства студентов. С учетом специфики факультета, готовящего специалистов «немногословных профессий», данная ситуация достаточно серьезна. Выступления с докладом на студенческой конференции способствуют развитию навыков публичных выступлений, которые востребованы работодателями.

5. Подготовка материалов к публикации. По итогам работы студенческих конференций формируются сборники тезисов или научных статей призеров. Подготовка материалов к публикации требует от студентов работы другого рода – умения выделять самое главное в условиях ограниченного объема страниц, осмысления актуальности, выделения научной новизны, подчеркивания практической значимости, формулировки выводов. На этапе подготовки материалов к публикации выделяются

студенты, способные к продолжению обучения в магистратуре. Также на факультете практикуется опыт совместных публикаций преподавателей и студентов. В результате уже к моменту поступления в магистратуру бакалавры имеют хороший список опубликованных работ.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве примера рассмотрим опыт организации кружковой работы с обучающимися по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» (профиль «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем») факультета информатики и вычислительной техники Чувашского государственного университета [5].

Приведем несколько примеров задач, рассмотренных на занятиях кружка.

1. Разработка модели птичьей стаи.

Успешное решение проблем комплексной оптимизации в ряде технических областей возможно с применением популяционных алгоритмов поведенческих, метаэвристических, роевых алгоритмов, основанных в том числе на принципах функционирования живой и неживой природы. Популяционные алгоритмы появились на основе наблюдений за колониями живых существ: стаями птиц, косяков рыб, роев пчел, колоний муравьев. Было замечено, что колонии животных часто решают задачи оптимизации, обычно многокритериальные, например, как максимизировать пропитание и при этом минимизировать потери от нападений хищников [6]. В качестве инструмента оптимизации студентам был предложен метод роя частиц.

Птицы перемещаются в трехмерном пространстве. Каждая птица характеризуется собственным вектором скорости, вектором ускорения и вектором позиции. Также введем понятие локальной окрестности птицы, в пределах которой птица следит за сородичами.

Ключевое значение в методе роя частиц представляет собой алгоритм обновления скорости отдельной птицы. Студентами была использована формула

$$v[i] = v[i] + a(p[i] - x[i]) + b(g - x[i]),$$

где $v[i]$ – скорость птицы;

$p[i]$ – простейшая индивидуальная память, равная координатам лучшей точки траектории частицы за все время ее существования;

g – коллективная память, представляющая собой координаты лучшей точки, достигнутой всем роем;

$x[i]$ – координаты частицы;

a и b – некоторые коэффициенты, обычно из диапазона [0; 1]; если параметр a выбирается случайным образом, то $b = 1 - a$.

В таком случае скорости увеличиваются бесконтрольно, поэтому для симуляции можно ввести коэффициент сопротивляемости среды, сопротивляемость среды $\Gamma < 1$:

$$v[i] = \Gamma \cdot v[i] + a(p[i] - x[i]) + b(g - x[i]),$$

Также можно ограничить скорость птиц некоторым числовым значением.

Вектор ускорения формируется из результатов трех главных функций – alignment (выравнивание), cohesion (сплоченность), separation (разделение), которые соответствуют трем классическим правилам поведения модели boids Крейга Рейнольдса. Результаты складываются и формируют вектор ускорения птицы.

Студентами была реализована модель птичьей стаи на языке Java Script с использованием программного компонента three.js, применяемого для рендеринга анимированной объемной графики в веб-приложении. Основная цель работы – построение реалистичной анимации стаи птиц для дальнейшего применения в компьютерных играх. Были использованы классические модели птиц из трех полигонов, с анимацией затяжного полета и хлопаньем крыльев. Птиц можно разгонять резкими движениями курсора мыши или «хищниками», а также приманивать «едой» и другими целями.

2. Разработка компьютерной игры «Искусственный интеллект противников».

Важной частью игры являются «враги», обладающие искусственным интеллектом и управляемые в соответствии с заданной логикой. При разработке искусственного интеллекта был использован метод иерархических машин состояний.

В результате применения данного метода были выделены два главных состояния (боя и покоя), имеющие набор подсостояний в каждом. Так, состояние покоя имеет подсостояния бездействия и патрулирования, а боевое состояние разделяется на состояния атаки и поиска врага. Условия переходов между состояниями указаны на рис. 1.

3. Разработка интеллектуальной системы регулировки трафика автомобилей.

Данная задача была решена на основе нейронной сети города Чебоксары.

Интеллектуальная система принимает управленческие решения при помощи регулирования интервала переключения светофоров. Для функционирования системы регулировки транспортного трафика необходимо наличие камер на каждом светофоре.

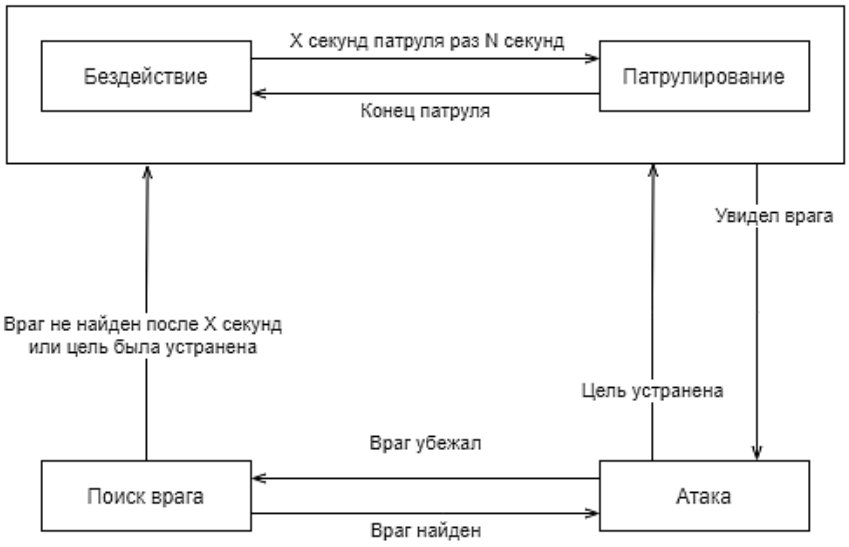


Рис. 1. Диаграмма состояний

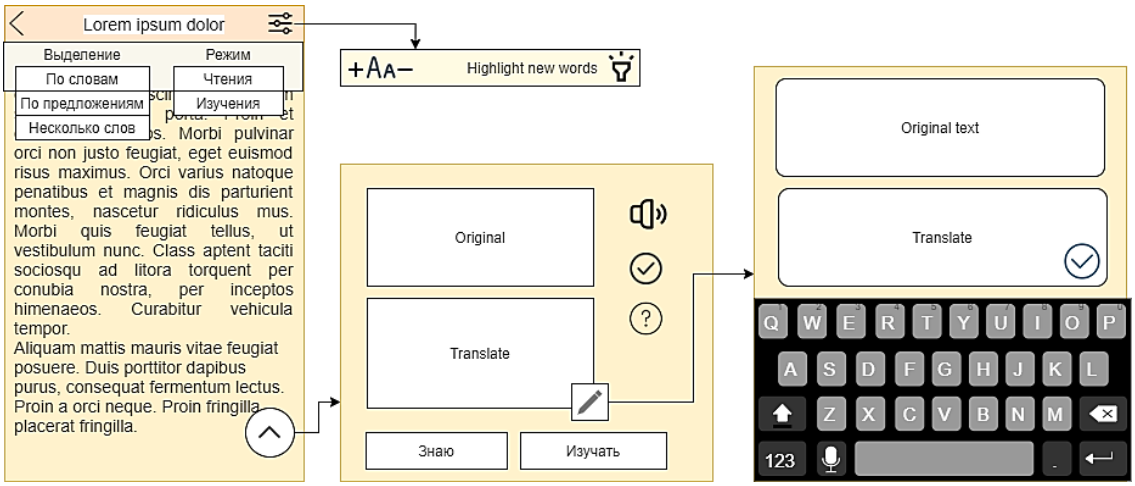


Рис. 2. Схема обучения нейронной сети

Разработанная интеллектуальная система предназначена для решения следующих задач: расчет коэффициентов загруженности дорог, расчет результирующего коэффициента по общей совокупности коэффициентов, создание различных сценариев загруженности дорог для обучения нейронной сети, применение решения на рабочей модели инфраструктуры светофоров, самообучение системы.

Обучение модели нейронной сети осуществляется на основе теории очередей. Самообучение необходимо для повышения точности решений, принимаемых системой. На рис. 2 изображена схема обучения нейронной сети.

4. Разработка кроссплатформенного мобильного приложения для обучения иностранным языкам.

Мобильное приложение имеет в своем составе несколько уровней (слоев).

I. Уровень представления определяет пользовательский интерфейс (виджеты и их состояния), представляет собой единственный слой, который зависит от библиотек фреймворка Flutter, необходимых для дизайна, создания анимации, работы с жестами, рендеринга и отрисовки пользовательского интерфейса.

II. Уровень приложения или логики находится вдали от внешних интерфейсов приложения. Его роль состоит в том, что-

бы решить, «что делать дальше» с данными. При этом используется подход BLoC (Business Logic Component).

III. Уровень домена – это центральная часть приложения. Он полностью самостоятелен и не зависит от каких-либо других слоев. Например, на состояние уровня домена не влияет, изменится ли API (Application Programming Interface) или одна база данных на другую. Однако все остальные слои зависят от домена. На уровне домена могут храниться классы, которые представляют сущности (пользователь, текстовый ресурс, слово, фраза, предложение, язык). Также в домене могут быть представлены контракты в виде интерфейсов или абстрактных классов для репозиториев, бизнес-логика и бизнес-исключения.

IV. Уровень данных или инфраструктуры является граничным уровнем и имеет дело с API, базами данных и датчиками. Уровень данных делится на две части. К первой части относятся низкоуровневые источники данных: удаленные (работа с различными API и серверной частью) и локальные (локальная база данных, которая хранится у клиента). Во вторую часть входят репозитории, которые используют вышеуказанные источники данных, а также могут перехватывать внешние ошибки и работать с DTO (Data Transfer Object). После попадания в репозитории из источников данных DTO преобразуются в классы сущностей прежде, чем попасть во внутренние слои приложения. Также DTO могут преобразовываться в удобные форматы для передачи по сети, например JSON (JavaScript Object Notation) и обратно (когда приходит JSON-ответ от API).

В ходе выполнения задания студентами были разработаны макеты экранов Home, Language Arrange, Reader (рис. 3), Vocabulary, Study, Library, Quiz Game, Collect Sentence Game и выполнена программная реализация на основе фреймворка Flutter.

Заключение

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» предусмотрена организация научно-исследовательской работы обучающихся (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) в рамках различного рода практик. В дополнение к практикам авторами предложен вспомогательный способ достижения данной цели в условиях студенческого научного кружка.

В качестве примера приобретения опыта научно-исследовательской работы будущими IT-специалистами в условиях студенческого кружка приведен опыт подготовки обучающихся к студенческим научным конференциям. Рассмотрены некоторые задачи, решенные на занятиях студенческого кружка средствами современных информационных технологий: разработка модели птичьей стаи, разработка компьютерной игры «Искусственный интеллект противников», разработка интеллектуальной системы регулировки трафика автомобилей, разработка кроссплатформенного мобильного приложения для обучения иностранным языкам.

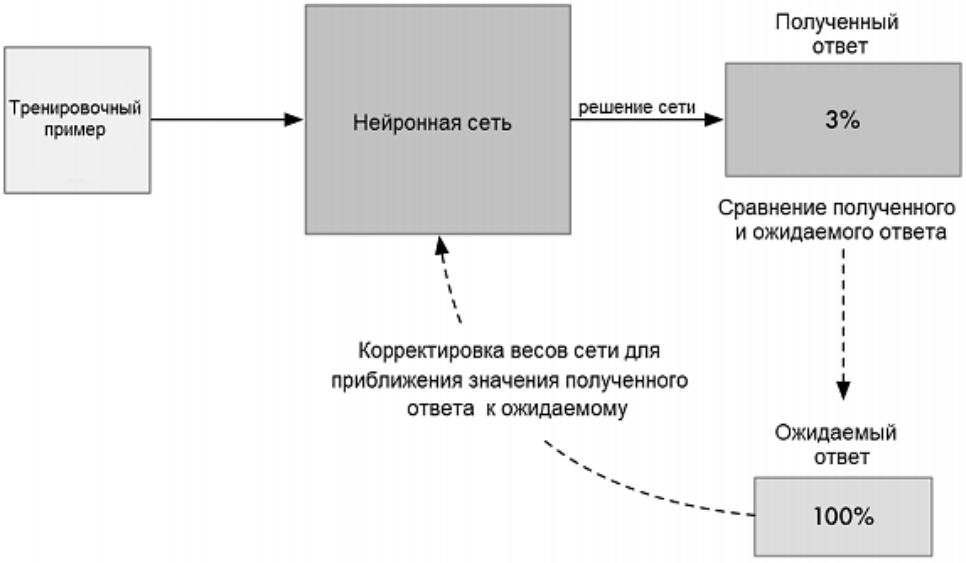


Рис. 3. Макет экрана Reader

На основании вышесказанного можно сделать заключение о том, что авторский подход к организации работы в условиях студенческого кружка способствует приобретению опыта научно-исследовательской работы будущими ИТ-специалистами.

Список литературы

1. Приказ Минист ерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 № 929 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника». [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_280601 (дата обращения: 15.07.2021).

2. Волков Г.Г., Григорьев Е.А., Смирнова Т.Н. Формирование ключевых компетенций обучающихся в сфере подготовки IT-специалистов // Состояние, направления и перспективы развития среднего профессионального образования: сб. материалов Международной заочной научно-практической конференции. Чебоксары: ЧКИ РУК, 2017. С. 54–58.

3. Наумова О.Г., Елистратова О.В. Освоение информационных технологий в формате студенческого научного кружка // Прикладные информационные системы: сб. науч. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2016. С. 163–165.

4. Федорова О.В. Проектная деятельность студентов как основа современной подготовки ИТ специалистов // Образовательные технологии и общество. 2017. Т. 20. № 2. С. 323–328.

5. Ковалев С.В. Тестирование GUI программного обеспечения // Состояние и перспективы развития ИТ-образования: сб. докл. и науч. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. С. 190–194.

6. Лебедев Б.К., Лебедев В.Б., Лебедева Е.М. Решение оптимизационных задач на основе интеграции методов роя частиц и пчелиной колонии // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. 2014. № 5 (20). С. 1–7.

УДК 378.046.4

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ КАДРОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Красинская Л.Ф.

ФГБОУ ВО Самарский государственный университет путей сообщения, Самара, e-mail: lfkras@yandex.ru

В статье рассматриваются проблемы подготовки кадров в системе дополнительного профессионального образования (ДПО) и предлагаются пути их решения. Ставится вопрос о создании отраслевых кластеров ДПО с выделением головной организации, координирующей деятельность других структурных подразделений и выполняющей роль научного, методического, инновационного центра. Высказывается идея о необходимости внедрения новых дидактических моделей ДПО, в которых учитываются возможности широкого использования цифровых технологий, смешанного обучения, персонализированной подготовки слушателей с применением индивидуальных образовательных траекторий. Компетентностный подход к обучению предлагается сочетать с личностным подходом, что требует разработки персонализированных образовательных программ с учетом профессиональных запросов слушателей, погружения их в интегрирующую дидактико-развивающую среду, создания службы тьюторской поддержки обучающихся и выстраивания с ними партнерских отношений. В качестве важнейших принципов подготовки слушателей рассматриваются следующие: единства обучения и развития личности, активности и субъектности обучающихся, развития их образовательных потребностей, непрерывности и преемственности подготовки, модульности и вариативности образовательных программ, актуализации результатов обучения. Успешность повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров во многом зависит от использования современных форм и методов обучения, разработки гибких, вариативных модульных программ, а также многообразных дидактических средств, в том числе электронных.

Ключевые слова: система дополнительного профессионального образования, повышение квалификации кадров, профессиональная переподготовка, дидактические принципы

ADDITIONAL PROFESSIONAL TRAINING OF PERSONNEL: PROBLEMS AND WAYS TO SOLVE THEM

Krasinskaya L.F.

Samara State University of Railway Engineering, Samara, e-mail: lfkras@yandex.ru

The article deals with the problems of personnel training in the system of additional professional education (DPO) and suggests ways to solve them. The question is raised about the creation of industry clusters of DPO with the allocation of a parent organization that coordinates the activities of other structural divisions and acts as a scientific, methodological, and innovation center. The idea is expressed about the need to introduce new didactic models of DPO, which take into account the possibilities of widespread use of digital technologies, blended learning, personalized training of students using individual educational trajectories. The competence-based approach to learning is proposed to be combined with a personal approach, which requires the development of personalized educational programs taking into account the professional needs of students, immersing them in an integrating didactic and developmental environment, creating a tutor support service for students and building partnerships with them. The following principles are considered as the most important principles of training students: unity of training and personal development, activity and subjectivity of students, development of their educational needs, continuity and continuity of training, modularity and variability of educational programs, updating of learning outcomes. The success of professional development and professional retraining of personnel largely depends on the use of modern forms and methods of training, the development of flexible, variable modular programs, as well as a variety of didactic tools, including electronic ones.

Keywords: system of additional professional education, professional development of personnel, professional retraining, didactic principles

В условиях бурного развития техники, цифровых технологий, обострения профессиональной конкуренции во всех отраслях производства руководителям и рядовым сотрудникам приходится постоянно повышать свою квалификацию. Особенно это касается специалистов инженерно-технического профиля, IT-сферы, так как технические знания стремительно устаревают. Введение профессиональных стандартов актуализировало проблему переподготовки кадров. Оказалось, что достаточно большое количество специалистов не имеют соответствующего базового образования, а работодатели, решая кадровые вопросы, вынуждены учитывать требования профстандарта к профессиональной квалификации работников. Поэтому существует огромная потребность в развитии системы ДПО. Однако на сегодняшний день в этой системе имеется немало проблем, мешающих качественной подготовке и переподготовке кадров. Многие эксперты обращают внимание на наличие организационных, педагогических, материально-технических, кадровых и иных проблем в системе ДПО, обусловленных социально-экономической ситуацией в стране [1, 2].

Цель исследования – проанализировать современное состояние системы ДПО, выявить проблемы повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров и предложить пути их решения.

Материал и методы исследования

В качестве исследовательских методов использовались: теоретический анализ законодательных и нормативных документов, научной и методической литературы, анализ педагогической практики, опрос слушателей системы ДПО транспортной отрасли. В анкетировании приняли участие работники, специалисты и руководители ОАО «Российские железные дороги», прошедшие подготовку в Центре ДПО Самарского государственного университета путей сообщения. Опрошены 238 слушателей разного возраста (от 21 года до 67 лет), из них 75 женщин и 163 мужчин.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно законодательным документам ДПО включает: повышение квалификации, профессиональную переподготовку и стажировку [3, 4]. Повышение квалификации (ПК) – это обновление знаний и умений специалиста, освоение им новых способов решения задач в рамках имеющейся профессии. Переподготовка (ПП) предусматривает формирование компетенций для выполнения нового вида профессиональной деятельности. Цель стажировки – освоение специалистом передового опыта на ведущем предприятии отрасли.

В нашей стране действует разветвленная система ДПО. К ее институциализированным формам относятся отраслевые институты повышения квалификации и переподготовки работников, корпоративные университеты, центры ДПО, функционирующие на предприятиях, в классических университетах и отраслевых вузах, автономные коммерческие организации ДПО, в том числе предлагающие услуги дистанционного образования.

Несмотря на то что в последнее десятилетие чрезвычайно востребованы и повышение квалификации, и переподготовка кадров, а сама система ДПО активно развивается, в ней имеются существенные недостатки. Прежде всего, эксперты отмечают институциональную разобщенность, отраслевую разрозненность, отсутствие эффективных устойчивых связей между различными организациями ДПО [1]. Отсутствие действенных связей даже внутри отраслевой системы ДПО не позволяет организациям совместными усилиями решать общезначимые проблемы. Так, например, одной организации бывает не под силу создать технически оснащенную учебно-производственную площадку для отработки практических навыков обучающихся, разработать большое количество образовательных программ для обеспечения гибкости и вариативности подготовки слушателей, обеспечить обогащенное учебно-методическое обеспечение курсов.

Серьезным недостатком является отсутствие непрерывности и преемственности подготовки в системе ДПО. Особенно это заметно при организации процесса повышения квалификации кадров. В соответствии с профессиональными нормативами каждый специалист регулярно, то есть не реже одного раза в три года, должен повышать квалификацию. В идеале система ПК должна обеспечивать планомерное обновление знаний и умений специалиста в течение всей профессиональной карьеры. Однако на практике процесс повышения квалификации чаще всего осуществляется стихийно, то есть специалист обычно выбирает тематику курса из имеющихся предложений. Несмотря на то что организации ДПО стараются постоянно обновлять учебные планы и предлагать слушателям актуальные темы, все же выбор слушателями курсов весьма ограничен, и одна и та же программа может «обкатываться» годами.

Если говорить о деятельности институтов (факультетов) ДПО, созданных в классических и отраслевых университетах, то достаточно часто при организации учебного процесса применяется массовый подход, то есть слабо учитываются возраст, трудовой стаж, должностные функции слушателей и, как следствие, их образовательные потребности и познавательные способности. Однако в зависимости от возраста меняются темп усвоения новой информации, учебная активность, чувствительность специалистов к инновациям. К недостаткам организации и осуществления образовательного процесса в системе ДПО следует также отнести нечеткое определение целей, задач и соответствующего им содержания обучения. В настоящее время организации ДПО ориентируются на компетентностные модели специалистов, отраженные в профессиональных и образовательных стандартах. Однако обилие компетенций, которые требуется сформировать, их нечеткое описание (от слишком узких до широких формулировок), а также недостаточное знание преподавателями, задействованными в системе ДПО, специфики профессиональной деятельности слушателей снижают эффективность обучения.

Во многих традиционных организациях ДПО часто используются устаревшие (пассивно-информационные) технологии

обучения, которые обеспечивает лишь теоретическую, а не практическую подготовку слушателей. В результате этого новые знания остаются, как правило, «в пассиве», а на практике специалисты продолжают применять устаревшие подходы и способы работы. Справедливости ради стоит отметить, что отдельные центры ДПО крупных корпораций и бизнес-организаций стараются разнообразить образовательные технологии и используют передовой отечественный и зарубежный опыт.

Опрос слушателей Центра ДПО Самарского государственного университета путей сообщения (действующих специалистов транспортной отрасли) показал, что практически все из них (97%) понимают значимость регулярного повышения квалификации, удовлетворены организацией процесса обучения (89%), уровнем комфортности работы в аудитории (83%), достаточностью методических и электронных учебных материалов (77%). Несколько ниже слушатели оценили актуальность содержания занятий (68%), а также разнообразие методов и форм обучения (48%). В качестве основного недостатка большинство опрошенных (72%) отметили нехватку профессионалов, у которых можно было бы поучиться. Респонденты предлагали шире использовать активные и интерактивные формы обучения, проводить мастер-классы, организовывать обсуждения проблемных для отрасли проблем, обмениваться накопленным передовым опытом работы.

Согласимся с тем, что требования к дополнительному профессиональному образованию кадров, в том числе к компетентности преподавателей, работающих в этой системе, очень высоки. Преподаватели должны владеть современными образовательными технологиями, в том числе уметь проводить воркшопы, мастер-классы, тренинги, вебинары, создавать качественные презентации, электронные учебно-методические пособия с мультимедийными приложениями, разрабатывать кейсы, тесты разного уровня сложности, применять компьютерные инструменты мониторинга учебной деятельности слушателей и т.д. Сами организации ДПО должны находиться на «переднем плане» развития теории и методики профессионального образования, осваивать инновационный отечественный и зарубежный опыт преподавания. Однако часто этого не происходит, и тогда подготовка слушателей в рамках ПК и ПП во многом копирует вузовское образование, что в корне неверно. Студентов можно и нужно учить, однако профессионалов учить невозможно, так как у них есть практический опыт, сформированное профессиональное мировоззрение, у многих – развитый ум эксперта. Поэтому слушатели системы ДПО – это не ученики в прямом смысле слова, а, скорее, партнеры совместной образовательной деятельности.

В настоящее время все большую популярность приобретают дистанционные формы ПК и ПП. Их достоинствами являются: возможность обучать слушателей без отрыва от производства, массовый охват целевой аудитории, многократное использование образовательных программ, относительная дешевизна процесса подготовки кадров. Основные усилия преподавателей ДПО, осуществляющих дистанционное обучение, направлены на подготовку учебных материалов (электронных лекций, кейсов, проверочных тестов, тематики контрольных, выпускных квалификационных работ и др.), на создание банка видеозаписей, подготовку и проведение вебинаров, онлайн-практик, телеконференций. Если раньше преимущественно использовались асинхронные формы взаимодействия преподавателей со слушателями – пересылка учебных материалов по электронной почте, то сейчас активно применяются Zoom, Microsoft Teams и другие сервисы для проведения занятий со слушателями в режиме реального времени.

Однако у дистанционной формы ПК и ПП имеются свои недостатки. Самый главный недостаток заключается в том, что цель – формирование практических умений и навыков специалистов, освоение ими современных способов профессиональной деятельности – часто не достигается. При дистанционном обучении используется все тот же «валовый подход» к подготовке, который не позволяет должным образом учитывать образовательные потребности и познавательные особенности разных категорий слушателей. Сами обучающиеся лишены возможности непосредственно взаимодействовать между собой, обмениваться друг с другом накопленным опытом, устанавливать полезные деловые связи. Это во многом снижает учебную мотивацию, результатом чего становится формальное, а иногда и несамостоятельное выполнение тестовых заданий, контрольных и выпускных квалификационных работ. В некоторых случаях дистанционное повышение квалификации работников проводится по решению администрации предприятия «ради галочки», поэтому оказывается совершенно неэффективным.

Учитывая наличие перечисленных выше недостатков, можно констатировать, что результативность ПК и ПП слушателей часто бывает невысока, так как нарушается основное назначение системы ДПО – передача новых знаний, умений, навыков, формирование на их основе компетенций, которые за-

тем будут активно использоваться специалистами для качественного совершенствования практики, для внедрения новых технологий и способов выполнения работы.

Возникает вопрос: какие же реальные преобразования необходимы, чтобы повысить эффективность деятельности организаций ДПО?

Если говорить о системе ДПО кадров отрасли, то важна ее структурная перестройка. Мы солидарны с мнением экспертов, что целесообразно создание образовательного кластера, включающего головную организацию, выполняющую функции координирующего, научно-методического, инновационного центра [1]. Координация работы всех организаций отраслевой системы ДПО позволила бы успешно решать многие проблемы (например, связанные с созданием технически оснащенных учебно-производственных площадок, определением актуальных направлений ПК и ПП кадров, с разработкой вариативных образовательных программ и их полноценным методическим обеспечением).

Помимо структурной перестройки системы ДПО, важно совершенствовать образовательный процесс, то есть конкретизировать цели, задачи, определить актуальные направления подготовки слушателей (они должны быть ориентированы на потребности отрасли), широко использовать современные методы и формы преподавания. В настоящее время имеется потребность в разработке новой дидактической концепции ДПО, в которой бы учитывались современные тенденции: бурное развитие цифровых технологий, внедрение персонализированных образовательных программ, изучение профессиональных запросов слушателей и реализация индивидуальных образовательных траекторий (ИОТ).

Персонализация образования позволяет повысить мотивацию обучающихся за счет того, что каждый из них самостоятельно определяет цели, содержание, выбирает оптимальные способы решения познавательных задач [5]. Проектирование слушателями ИОТ помогает им осознанно выстраивать последовательный путь своего профессионального развития. Конечно, внедрение ИОТ в образовательный процесс системы ДПО потребует проведения огромной работы по изучению образовательных запросов слушателей, по разработке большого количества разнообразных программ и организации службы тьюторской поддержки. При использовании ИОТ целесообразно введение популярной в западных университетах накопительной системы кредитов как средства учета освоенного слушателями содержания образования.

Персонализация не только обеспечивает формирование актуальных компетенций обучающихся в соответствии с их индивидуальными запросами, но и влияет на личностное развитие. Поэтому в образовательном процессе ДПО компетентностный подход к обучению слушателей целесообразно дополнить личностным подходом, для чего важно использовать методы развития профессионального сознания слушателей, выстраивать партнерские отношения с ними, создавать развивающую дидактическую среду.

При организации образовательного процесса в организациях ДПО важно учитывать педагогические подходы и принципы обучения взрослых людей, разработанные андрагогикой [6]. Опыт работы со слушателями системы ПК кадров транспортной отрасли позволил нам выделить ряд важных принципов. К ним относятся принципы единства обучения и развития личности, активности и субъектности слушателей, непрерывности и преемственности обучения, модульности и вариативности образовательных программ, развития образовательных потребностей обучающихся, актуализации результатов их подготовки.

Принцип единства обучения и развития личности базируется на идее, что в процессе подготовки слушатели системы ДПО всегда находят личную цель, преломляют ее через профессиональные задачи, берут тот опыт, который соответствует их потребностям и способствует профессионально-личностному росту.

Принцип активности и субъектности обучения означает, что слушатели обладают познавательной и профессиональной активностью, поэтому способны самостоятельно определять цели и задачи подготовки, выбирать ее содержание, методы и формы с учетом собственных образовательных запросов и индивидуальных возможностей.

В условиях персонализированного обучения в системе ДПО слушатели способны самостоятельно проектировать ИОТ в соответствии с общей траекторией профессионального развития. Внедрение ИОТ и накопительной системы кредитов в определенной степени позволит реализовать принцип непрерывности и преемственности обучения специалистов на протяжении всей профессиональной карьеры.

Непрерывность и преемственность подготовки кадров означают выстраивание непрерывного образовательного процесса таким образом, чтобы все этапы ПК последовательно сменяли друг друга и обеспечивали поступательное развитие профессиональной компетентности слушателей. Для этого важно предусмотреть разработку

гибких, вариативных, «сквозных» учебных программ разного уровня сложности.

Вариативность образовательных программ обеспечивает мобильность подготовки слушателей за счет предоставления им широкого выбора тематики курсов. Модульный принцип построения программ позволяет оперативно изымать устаревшие и включать актуальные модули, а также успешно решать задачу персонализированного обучения слушателей за счет использования учебных программ базового и продвинутого уровня. Вариативность обучения в системе ДПО – это не только возможность выбора обучающимися разных программ, но и определение оптимальных форм и сроков подготовки (например, сочетание онлайн- и офлайн-обучения).

Принцип развития образовательных потребностей слушателей ДПО означает, что, помимо актуализации их жизненного и профессионального опыта, важно давать им возможность увидеть «белые пятна» в своей подготовке. Часто такому осознанию мешает психологический механизм апперцепции, то есть восприятие нового с учетом имеющихся знаний, когда лучше усваивается привычная информация и отторгается далекая от накопленного опыта. Поэтому преподавателям системы ДПО приходится взращивать новые образовательные потребности слушателей, чтобы ориентировать их на формирование тех компетенций, без которых невозможно выйти на новый уровень профессионализма.

Принцип актуализации результатов обучения является одним из важнейших для системы ДПО. Он означает, что слушатели после прохождения подготовки должны демонстрировать возросшую профессиональную активность, готовность оперативно применять полученные знания и умения на практике, внедрять инновации в производство.

Для реализации всех рассмотренных выше дидактических принципов требуется существенная перестройка образовательного процесса в системе ДПО. Она предполагает увеличение количества активных и интерактивных методов преподавания и поиск оптимальных форм обучения. На сегодняшний день особого внимания заслуживает смешанное обучение, позволяющее организовать подготовку специалистов в системе ДПО за счет чередования циклов контактной и дистанционной работы. При смешанном обучении слушатели осваивают теоретические знания дистанционно, участвуя в вебинарах, просматривая видеолекции и изучая электронные учебные материалы. На аудиторных занятиях формируют практические умения и навыки за счет освоения новых способов профессиональной деятельности, участия в мастер-классах, проведения дискуссий по актуальным проблемам. В промежутках между усложняющимися циклами аудиторного обучения слушатели апробируют полученные знания, умения, навыки и готовят выпускную квалификационную работу (исследовательский или творческий проект, портфолио).

Заключение

Таким образом, традиционная система ДПО имеет недостатки, связанные с институциональной разобщенностью организаций, занимающихся повышения квалификации и переподготовки кадров, засильем устаревших педагогических подходов и дидактических технологий, отсутствием гибких, вариативных образовательных программ, способных удовлетворить запросы всех категорий обучающихся. Решить многие проблемы возможно за счет структурной перестройки этой системы (создания отраслевых кластеров и выделения координирующего центра), а также путем разработки и внедрения новых дидактических моделей, учитывающих возможности цифровых технологий, смешанного обучения, персонализированного подхода к подготовке слушателей. Персонализированное обучение предполагает проектирование и реализацию ИОТ, а также введение накопительной системы кредитов для обеспечения непрерывности и преемственности подготовки слушателей на протяжении профессиональной карьеры. Успешность обучения в системе ДПО во многом зависит от соблюдения ряда принципов: единства обучения и развития личности, активности и субъектности обучающихся, непрерывности и преемственности подготовки, модульности и вариативности образовательных программ, развития образовательных потребностей слушателей, актуализации результатов их обучения.

Список литературы

1. Авраамова Е.М., Каравай А.В., Клячко Т.Л., Логинов Д.М. Мониторинг дополнительного профессионального образования в России. М.: Дело РАНХиГС, 2016. 96 с.

2. Селезнев Ю. Н. Анализ повышения квалификации в наукоемкой промышленности с позиций открытых систем. М.: Синергия, 2016. 647 с.

3. Федеральный закон от 30.12.2020 №517-ФЗ «О внесении изменений в ФЗ «Об образовании в Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400058042/ (дата обращения: 15.07.2021).

4. Государственные требования к переподготовке, повышению квалификации и стажировке государственных гражданских служащих Российской Федерации // Бюллетень Министерства образования и науки Российской Федерации. 2008. №9. С. 2-9.

5. Персонализированная модель образования. М.: Платформа новой школы, 2019. 36 с. DOI: 10.22394/2078−838X-2020−1−104−112.

6. Громкова М.Г. Андрогогика: теория и практика образования взрослых. М.: ЮНИТИ_ДАНА, 2015. 495 с.

УДК 378.14

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВОРЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Краснощеков В.В., Семенова Н.В.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, e-mail: krasno_vv@spbstu.ru

Авторы рассматривают проблемы преодоления проявлений академической нечестности в сфере вузовской математики. Авторы рассматривают списывание как наиболее характерный вариант академической нечестности в математике. Авторы понимают под списыванием, во-первых, нелегальное использование интернет-платформ, ориентированных на решение математических задач, во-вторых, помощь, которую оказывают студентам на контрольных мероприятиях посредством электронных коммуникаторов. В настоящее время используются два основных средства противостояния академической нечестности студентов: наказание и культивирование честного поведения. В то же время математики не перестают искать способы противодействия академической нечестности, опираясь на собственное педагогическое творчество. В литературе основным инструментом формирования у студентов творческого подхода в математике считается решение некорректных заданий, допускающих множественные толкования путей решения и ответов. Однако в условиях массового высшего образования использование таких заданий затруднительно. Во-первых, на их решение затрачивается достаточно много времени, во-вторых, четкие критерии «правильности» решения отсутствуют, что может привести к академическим конфликтам. На основании общения с коллегами, выступившими в роли экспертов, авторы выявили несколько типов математических заданий, которые сложны для решения с помощью интернет-сервисов. Это графические задания, задания на конструирование и задания с параметрами. Коэффициент конкордации Кэндалла показал низкую согласованность мнений экспертов, что побудило авторов дать подход к классификации творческих заданий с описанием их использования в целях преодоления академической нечестности.

Ключевые слова: преподавание высшей математики, академическая нечестность, творческие задания

TECHNOLOGY OF STUDENTS MATHEMATICAL TRAINING USING CREATIVE CONTROL TASKS

Krasnoschekov V.V., Semenova N.V.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: krasno_vv@spbstu.ru

Authors consider the problems of overcoming manifestations of academic dishonesty in the field of university mathematics. The authors consider the cheating as the most common form of academic dishonesty learning mathematics. The authors understand by cheating, firstly, the illegal use of Internet platforms focused on solving mathematical problems, and secondly, the assistance provided to students at control events through electronic communicators. Currently, there are two main means of confronting student academic dishonesty: punishment and cultivation of honest behavior. At the same time, mathematicians do not stop looking for ways to counteract academic dishonesty, relying on their own pedagogical creativity. In the literature, the main tool for the formation of a creative approach in mathematics among students is the solution of incorrect tasks that allow multiple interpretations of solutions and answers. However, in conditions of mass higher education, the use of such assignments is difficult. First, solutions require a lot of time, and secondly, there are no clear criteria for the «correctness» of the decision, which can lead to academic conflicts. Based on communication with colleagues who acted as experts, the authors identified several types of mathematical tasks that are difficult to solve using Internet services. These are graphics assignments, design assignments, and parameter assignments. Kendall's coefficient of concordance showed low agreement among experts, prompting the authors to provide an approach to the classification of creative assignments, describing their use to overcome academic dishonesty.

Keywords: teaching higher mathematics, academic dishonesty, creative assignments

Проблематика творческого мышления в области математики привлекает внимание ученых чуть более ста лет, хотя представления о математике как особом виде научного творчества возникли гораздо раньше. Вопрос о собственно математическом творчестве поднял великий Анри Пуанкаре в специальном докладе в 1908 г. и развил Жак Адамар в работе 1945 г., посвященной психологии математического мышления. С точки зрения анализа мыслительных процессов этой проблемой занимались гештальт-психологи. Современное понимание математического творчества и его характеристик нашло отражение в работах голландского математика Гонтрана Эрвинка [1] и его последователей [2]. Настоящая статья затрагивает более узкую тему педагогического творчества в преподавании математики.

Педагогическое творчество университетских математиков обычно рассматривается как средство повышения мотивации студентов. Много работ в аспекте мотивации посвящено средствам формирования творческого подхода в преподавании математики. Среди форм организации учебного процесса, ориентированного на математическое творчество, основными считаются элективные курсы, способствующие повышению интереса студентов

к изучению математики. Среди способов проведения занятий выделяются метод проектов, кейс-технологии, а также активные и коллективные методы обучения, в частности квест-технологии. Наконец, содержание занятий по математике, способствующих формированию творческого подхода, преимущественно основывается на так называемых открытых задачах [3; 4], синонимами или близкими терминами для которых служат некорректно поставленные задачи [5] или плохо структурированные задачи [6]. Другой вид творческих заданий – задачи, приводящие к намеренно созданным противоречиям [7]. Главный недостаток всех подобных заданий состоит в том, что для их выполнения требуется достаточно много времени, которого не хватает при массовом высшем образовании.

Авторам не удалось найти работы, в которых исследователи рассматривают педагогическое творчество математиков в качестве одного из механизмов противодействия академической нечестности. Поскольку академическая нечестность приобрела в современном образовании массовый характер [8; 9], очевидно, что идет поиск способов предотвращения ее проявлений. Имеются рекомендации общего характера по предотвращению академической нечестности с помощью внедрения творческих заданий [10], варьирования формулировок открытых вопросов в тестах [11]. В то же время очевидно, что существует необходимость использовать творческий потенциал вузовских математиков для противодействия проявлениям академической нечестности студентов.

Преподаватели университетских математических курсов столкнулись с нарастающим количеством случаев проявления академической нечестности с начала 2000-х гг. В это время появились computer aided systems (CAD) и многочисленные интернет-сервисы для быстрого решения математических задач. Самые известные из таких сервисов – WolframAlpha, Slader, Symbolab, Desmos и Photomath [12]. С каждым годом эти системы и сервисы становятся все совершеннее, используют технологии, связанные с искусственным интеллектом. Например, они без труда расшифровывают рукописный текст. Преподаватели математики, разумеется, ищут способы противодействия этой форме академической нечестности, предлагая задания, на которые не могут дать корректные ответы сервисы, подобные WolframAlpha. Обмен идеями происходит и на специализированных блогах, например Mathematics Educators Stack change или Hacker News. Другой вариант списывания – использование человеческих ресурсов через коммуникаторы. Студент передает задание друзьям либо небескорыстным «помощникам», получая в ответ готовое решение. Поскольку решение с помощью коммуникаторов требует значительно большего времени для выполнения заданий, такому варианту проявления академической нечестности можно противостоять, ограничивая время выполнения студентами контрольных мероприятий.

Некоторые расхождения в оценке математиками проявлений академической нечестности возникают вследствие различной трактовки самого понятия «cheating». Эта неоднозначность зависит от того, какие именно действия данный преподаватель считает нелегальными. Некоторые математики не разрешают студентам пользоваться любыми материалами, даже собственными конспектами, требуя, например, знания на память элементарных интегралов или формул для вычисления градиента. Другие позволяют читать учебные пособия и другие материалы на бумажных носителях. Мы приводим дальнейшее рассмотрение с позиций «либерального» преподавателя, запрещающего студентам лишь работу с электронными помощниками и любыми коммуникаторами.

Цель исследования – выявить типы заданий, удовлетворяющих двум требованиям. Во-первых, в этих заданиях используются творческие находки преподавателей, препятствующие проявлениям академической нечестности. Во-вторых, рассматриваемые задания не требуют от студентов слишком много времени для решения.

Материалы и методы исследования

На основании изучения мнений математиков в сети, устного общения с коллегами и анализа немногочисленных литературных источников авторы выделили некоторые типы заданий, которые университетские преподаватели математики используют для противодействия академической нечестности студентов. Мы сгруппировали задания по разделам курса математического анализа, имея в виду уровень первого года обучения российского вуза. Мы также прокомментировали все задания, по возможности обозначая их источник, если задание не является традиционным, а также наличие творческого подхода к их разработке и перспективы применения против проявлений академической нечестности. Кроме того, мы оценили группы направлений подготовки бакалавров, для которых применение тех или иных типов заданий было бы наиболее эффективным не только в аспекте предотвращения академической нечестности, но и как средства формирования требуемых компетенций.

Тема «Введение в математический анализ» («Пределы»)

Задание 1. Найти предел выражения

$$\lim_{x\to 2}\frac{x^3+2x^2-2x-12}{x^3-3x^2+5x-6}\cdot\frac{arcsin^2\left(3tg^3\left(x-2\right)\right)}{\sqrt[3]{1+6\left(x-2\right)^6}-1}\times$$

$$\times\frac{\sqrt{x^2+5}-3}{4-\sqrt{6x+4}}\cdot\left(9-2x^2\right)^{\frac{3x^2+x+1}{x^2+4x-8}}.$$

Подобные задания использовались на заре массового проявления студентами академической нечестности, когда главным «помощником» студентов был CAS. Задание включает слишком много символов для набора вручную, возможно, плохо отображается при фотографировании. Задание является традиционным, но творческим. Главный недостаток задания состоит в том, что оно требует большого времени для выполнения студентами, не использующими списывание. Таким образом, наказывая нечестных студентов, можно существенно занизить оценки честным студентам. Также преподаватель тратит слишком много времени на проверку задания. Авторы рекомендуют предлагать такие задания только студентам физико-математических направлений подготовки.

Задание 2. Найти значение параметра α, при котором значение предела равно -2:

$$\lim_{x\to 1}\frac{x^2-\alpha x+\alpha-1}{x^2+x-2}.$$

Источник – [13]. Задание является нетрадиционным, творческим. Авторы рекомендуют предлагать такие задания преимущественно студентам физико-математических направлений подготовки.

Задание 3. Сконструировать неопределенное выражение [0/0] при $x \to 5$.

Источник – [13]. Задание является нетрадиционным, творческим. Главным достоинством задания является то, что интернет-платформы и сервисы пока не продуцируют математические объекты по описаниям. Кроме того, честные студенты могут решить задание очень быстро. Главный недостаток задания состоит в его обусловленности контекстом и трактовкой преподавателя. Весьма вероятно, что студенты будут действовать в рамках приведенных на занятиях образцов. Таким образом, являясь продуктом творчества преподавателей, это задание может не дать ожидаемого творческого эффекта в случае пассивности студентов. Авторы рекомендуют предлагать такие задания преимущественно студентам физико-математических направлений подготовки.

Задание 4. Дан график функции (рис. 1). Найти односторонние пределы в точках разрыва и пределы на ±∞.

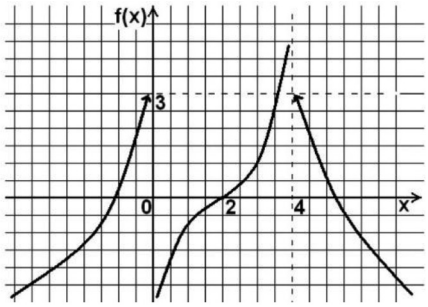


Рис. 1. Односторонние пределы (задание 4)

Собственный пример авторов. Задание является нетрадиционным, творческим. Главное достоинство задания состоит в том, что интернет-сервисы пока не справляются с графической информацией подобного рода. Другое важное преимущество задания состоит в том, что честные студенты могут решить задание очень быстро. Авторы рекомендуют предлагать задание студентам всех направлений подготовки.

Задание 5. Изобразить график функции, имеющий предел -∞ на -∞; предел -∞ на +∞; а также односторонние пределы +3 и -∞ при $x = 0$; односторонние пределы +∞ и +3 при $x = 4$.

Собственный пример авторов. Задание является нетрадиционным, творческим. Достоинства и недостатки такие же, как в задании 3. Авторы рекомендуют предлагать такие задания преимущественно студентам физико-математических направлений подготовки.

Тема «Дифференциальное исчисление функции одной переменной» («Производные»)

Задание 6. Найти производную функции

$$y=10sin^{\frac{3}{5}}\left(4\sqrt{3-\frac{2}{x}}+5^{\frac{\left(3tg\left(x/6\right)+1\right)^{4x^2}-\sqrt[7]{x}+ln^8\left(1-cos^5\left(1-1/x\right)\right)}{arcsin^6\left(3x-5arctg\sqrt{1-2x}\right)}}\right)^x.$$

Задание является традиционным для вузовских математиков, нетворческим. Достоинства и недостатки такие же, как и для задания 1. Кроме того, ответ получается слишком громоздким, неудобным для проверки. Авторы рекомендуют предлагать такие задания только студентам физико-математических направлений подготовки, причем преимущественно для самостоятельной работы, а не на контрольных мероприятиях.

Задание 7. Найти знаки первой и второй производных на интервалах (рис. 2).

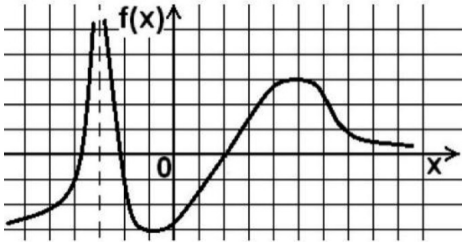


Рис. 2. Возрастание/убывание, выпуклость/вогнутость (задание 7)

Задание является традиционным, но творческим. Достоинства задания такие же, как и для задания 4. Многие коллеги считают это задание слишком простым, не соответствующим университетскому уровню преподавания математики, однако опыт авторов показывает, что полностью правильно выполняют задание не более 60 % студентов. Авторы рекомендуют предлагать такие задания студентам всех направлений подготовки, за исключением физико-математических.

Задание 8. Изобразить график функции, возрастающей на интервале от -∞ до -3, имеющей бесконечный разрыв при $x = -3$; далее убывающей на интервале от -3 до -1; далее возрастающей на интервале от -1 до 5 и убывающей на интервале от 5 до +∞. При $x = -1$ функция имеет гладкий минимум, при $x = 5$ функция имеет гладкий максимум. На интервалах от -∞ до -3 и от -3 до +2 функция выпуклая (выпуклая вверх), на интервале от +2 до +7 функция вогнутая (выпуклая вниз). Функция имеет перегибы при $x = 2$ и при at $x = 7$.

Собственный пример авторов. Задание является нетрадиционным, творческим. Достоинства и недостатки такие же как в задании 5. Даже студенты, демонстрирующие честное поведение, обычно плохо справляются с этим заданием. Авторы рекомендуют предлагать такие задания только студентам физико-математических направлений подготовки.

Задание. 9. Найти односторонние производные функции при $x = 0$ (рис. 3). Функция задана на интервалах: при $x < 0$: $y = x/2 + 1$; при $x > 0$: $y = (x - 2)^2 - 3$.

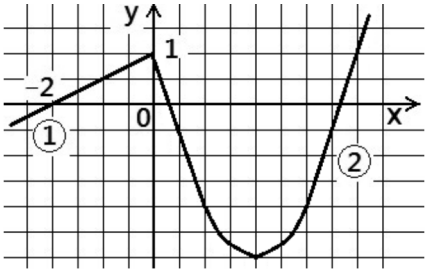


Рис. 3. Односторонние производные (задание 9)

Собственный пример авторов. Задание является нетрадиционным, творческим. Достоинства задания такие же, как и для задания 4. Для усложнения задания выражение для функции заменяется ее описанием. Авторы рекомендуют предлагать задание студентам всех направлений подготовки.

Тема «Интегральное исчисление функции одной переменной» («Интегралы»)

Задание 10. Найти неопределенный интеграл

$$\int \frac{dx}{x^4 + 1}.$$

Множество подобных интегралов было сконструировано преподавателями математических дисциплин в период, предшествующий массовому использованию интернет-сервисов. Авторы привели только самый простой по форме из них. Задание является традиционным, но творческим. Если студенту удается воспользоваться интернет-сервисами, то решение получается очень быстро. Честному студенту приходится тратить слишком много времени для решения. Возможные ошибки в громоздких вычислениях могут привести к неправильному ответу. Именно интегрированию посвящены основные дискуссии математиков на форумах, ориентированных на противодействие академической нечестности, там же приведены примеры интегралов, с которыми интернет-сервисы справляются плохо. Авторы не рекомендуют предлагать такие задания студентам.

Задание 11. Найти неопределенный интеграл

$$\int \left(\frac{x^2 + 1 + e^x}{\sin x} + 2\cos x \right) \cdot \sin x \, dx.$$

Задание является нетрадиционным, творческим. Основная идея – применение тождественных преобразований, затрудняющих непосредственное применение интернет-сервисов. Авторы рекомендуют предлагать задание студентам всех направлений подготовки только в случае гарантии честного выполнения.

Задание 12. Найти производную от определенного интеграла с переменными пределами.

$$\int_{1-\cos 2x}^{3tg(x/6)} \arcsin\left(\frac{3}{\sqrt{x}+1}\right) dx.$$

Задание является нетрадиционным, творческим. Авторы рекомендуют предлагать задание студентам всех направлений подготовки только в случае гарантии честного выполнения.

Задание 13. Найти площадь фигуры (рис. 4).

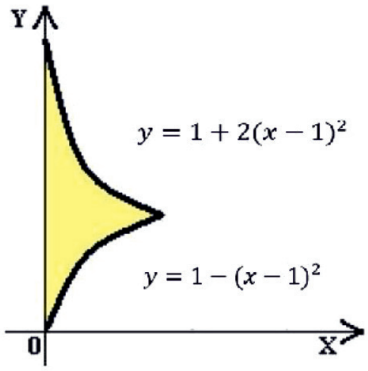


Рис. 4. Площадь плоской фигуры (задание 13)

Задание является традиционным, но творческим. Достоинства задания такие же, как и для задания 4. Для усложнения задания авторы предлагают заменить выражения для функций их словесными описаниями. Авторы рекомендуют предлагать задание студентам всех направлений подготовки.

Тема «Дифференциальное исчисление функции нескольких переменных»

Задание 14. Найти предел выражения

$$\lim_{(x,y)\to(1,-2)} \frac{x^2 - y^2 + 2x + 1}{x + y + 1}.$$

Источник – [13]. Задание является нетрадиционным, творческим. Как средство противодействия списыванию авторы оценивают его в 5 баллов из 5 возможных. Авторы рекомендуют предлагать такие задания преимущественно студентам физико-математических направлений подготовки только в случае гарантии честного выполнения.

Задание 15. Сконструировать формулы для производных сложной функции

$$z = z(x, y, t); \quad x = x(u, v, w);$$

$$y = y(v, w); \quad t = t(w);$$

$$z'_u = ?; z'_v = ?; z'_w = ?.$$

Одно из достоинств задания – возможность быстрого решения честными студентами. Авторы рекомендуют предлагать задание студентам всех направлений подготовки.

Результаты исследования и их обсуждение

Авторы привели примеры творческих нетрадиционных заданий, которые позволяют преподавателям предотвращать проявления академической нечестности студентов на контрольных мероприятиях. Очевидно, что основные приемы, используемые математиками при составлении творческих заданий – использование нетрадиционных формулировок или условий поиска, использование графических образов, предложение сконструировать задание или математический объект. К нетворческим способам предотвращения списывания можно отнести использование громоздких заданий, заданий повышенной трудности либо заданий, требующих длительного времени для выполнения.

Авторы провели опрос 12 коллег – преподавателей математики Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, ориентированных на подготовку студентов по различным группам направлений – инженерным, исследовательским (физико-математическим) и экономическим (обозначены ЭN и занумерованы от 1 до 12). Всего на кафедре высшей математики этого вуза трудятся более 60 преподавателей. Каждое из 15 заданий просили оценить баллами от 1 до 5, выражающих в порядке возрастания эффективность противодействия списыванию (обозначены ЗN и занумерованы от 1 до 15). Результаты опроса приведены в табл. 1.

Очевидно, что оценки экспертов очень разнятся. Для того, чтобы выяснить согласованность мнений экспертов, вычисляем коэффициент конкордации Кендалла W:

$$W = \frac{12}{k^2(n^3 - n)} \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{k} r_{ij} - \overline{r_i} \right)^2;$$

$$\overline{r_i} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} r_{ij},$$

где n – число заданий, k – число экспертов, r_{ij} – оценка i-го задания j-м экспертом. Значение коэффициента конкордации $W = 0{,}12$ говорит о слабой согласованности мнений экспертов, что подтверждается проверкой гипотезы о согласованности оценок по критерию χ^2 на уровне значимости 0,05 (т.е. с надежностью 95 %). Это значит, что средние значения оценок не дают надежной информации и в дальнейшем анализе использоваться не будут. Возможно, такие результаты получены вследствие относительно высокого возраста экспертов (от 43 до 75 лет), многие из которых имеют только самые общие представления о возможностях интернет-платформ для решения математических заданий. В то же время такой возрастной диапазон характерен для преподавателей математики российских вузов, что говорит об относительной объективности полученных данных.

Для подтверждения возможностей использования интернет-сервисов для решения заданий, авторы проводили их тестирование путем кратных решений, производя 3–4 повторения как одно за другим, так и в разные дни. Правильные ответы давались ситуативно, что связано со стохастическими принципами работы интернет-платформ. Также часто для получения правильного ответа требовалась коррекция текста. Ясно, что эти обстоятельства затрудняют попытки студентов прибегнуть к средствам академической нечестности, но при наличии коммуникаторов и людей-помощников эти обстоятельства преодолеваются нечестными студентами. Результаты этого исследования вместе с выводами приведены в табл. 2.

Таблица 1

Экспертные оценки заданий 1–15 как средства противодействия списыванию

	З1	З2	З3	З4	З5	З6	З7	З8	З9	З10	З11	З12	З13	З14	З15
Э1	4	5	5	5	5	4	5	5	5	1	3	1	5	1	5
Э2	4	5	5	5	4	4	4	4	5	3	4	2	5	1	5
Э3	5	5	3	3	3	5	2	3	2	5	3	4	3	5	1
Э4	5	5	4	4	3	3	5	3	4	3	5	5	4	5	3
Э5	5	4	5	5	5	4	3	5	4	5	5	5	4	5	4
Э6	4	4	5	4	4	5	3	4	4	2	4	4	3	3	3
Э7	5	5	4	3	2	5	1	1	2	5	3	4	3	5	1
Э8	3	4	5	5	3	2	5	4	5	2	5	3	5	3	4
Э9	5	5	3	2	1	5	1	1	2	5	2	5	2	4	1
Э10	5	3	3	1	2	5	1	1	1	5	1	5	1	3	1
Э11	3	4	4	4	4	3	4	4	4	2	3	3	4	4	4
Э12	4	5	3	2	3	5	3	3	3	5	4	5	4	2	3
Средняя оценка	4,3	4,5	4,1	3,6	3,3	4,2	3,1	3,2	3,4	3,6	3,5	3,8	3,6	3,6	2,9

Таблица 2

Результаты анализа противодействию академической нечестности по группам заданий

Тип задания	Примеры использования	Оценки коллег-математиков	Опыт решения с помощью интернет-сервисов	Авторская оценка средства противодействия списыванию
1	2	3	4	5
Использование громоздких по записи заданий	З. 1	3–5	Правильность решения ситуативна, часто требуется коррекция текста	4
	З. 6	2–5		4
Использование заданий повышенной сложности	З. 10	1–5	Не возникает затруднений	1
Использование нетрадиционных формулировок или условий поиска	З. 2	3–5	Решение невозможно	5
	З. 11	1–5	Правильность решения ситуативна, часто требуется коррекция текста	3
	З. 12	1–5	Не возникает затруднений	1
	З. 14	1–5	Не возникает затруднений	1

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Использование графических образов	З. 4	1–5	Решение невозможно	5
	З. 7	1–5	Решение невозможно	5
	З. 9	1–5	Решение невозможно	5
	З. 13	1–5	Решение невозможно	5
Предложение сконструировать формулу или математический объект	З. 3	3–5	Решение невозможно	5
	З. 5	1–5	Решение невозможно	5
	З. 8	1–5	Решение невозможно	5
	З. 15	1–5	Решение невозможно	5

Таким образом, выделились три группы заданий, которые в наибольшей степени, по мнению авторов, способствуют преодолению проявлений академической нечестности. Во-первых, использование задач с параметром, во-вторых, использование графических образов, в-третьих, предложение сконструировать формулу или математический объект.

Заключение

Авторы провели несколько исследований по выявлению математических заданий, использование которых на контрольных мероприятиях снижает, по мнению авторов, риски проявления академической нечестности студентов. В частности, авторы провели опрос преподавателей-экспертов. Выяснилось, что не все преподаватели представляют масштаб проявления академической нечестности (списывания) студентами вуза, а также возможности и арсенал вспомогательных средств. Кроме того, многие преподаватели уверены, что могут держать ситуацию под контролем, не позволяя студентам пользоваться коммуникаторами. Авторский практический опыт и изучение литературы показывает иллюзорность этих надежд ввиду мощности средств поддержки и изощренности технологий списывания отдельными студентами. Авторы предложили группы заданий, для решения которых использование интернет-сервисов затруднительно. Однако некоторые математики настороженно относятся к нетрадиционным заданиям, поскольку имеют свои устоявшиеся представления о способах формирования компетенций в области математики. Еще одним возражением является недоверие к графическим образам, которые, по мнению некоторых математиков, снижают меру абстрактности изложения и усвоения материала. Думается, что такой подход неприемлем в большинстве направлений инженерного образования, исключая, возможно, системотехнику и некоторые информационные технологии. Наконец, многие задания на конструирование отвергаются математиками как слишком простые, поскольку «там нечего решать», что, очевидно, является заблуждением относительно природы математики.

Использование предлагаемых заданий на контрольных мероприятиях должно, по мнению авторов, сопровождаться организационными мерами. А именно, во-первых, ограничением числа студентов, одновременно выполняющих задания, во-вторых, жестким ограничением времени выполнения заданий, в-третьих, полной диверсификацией банка заданий с целью исключения повторяющихся вариантов [14]. Несколько иной подход применяется авторами для предотвращения списывания при освоении студентами теории вероятностей [15]. Эти меры в совокупности с использованием нетрадиционных творческих заданий должны привести если не к исключению, но к снижению проявлений академической нечестности.

Список литературы

1. Ervynck G. Mathematical Creativity. Advanced Mathematical Thinking, Heidelberg, Springer, 1991 / Ed. D. Tall. P. 42–53. DOI: 10.1007/0-306-47203-1.

2. Sriraman B., Yaftian N., Lee K.H. Mathematical Creativity and Mathematics Education. The Elements of Creativity and Giftedness in Mathematics. Advances in Creativity and Giftedness. Rotterdam, Springer, Sense Publishers, 2011 / Ed. B. Sriraman, K.H. Lee. Vol. 1. P. 119–130. DOI: 10.1007/978-94-6091-439-3_8.

3. Yuniartia Y., Kusumaha Y.S., Suryadia D., Kartasasmitaa B.G. The Effectiveness of Open-Ended Problems Based Analytic-Synthetic Learning on the Mathematical Creative Thinking Ability of Pre-Service Elementary School Teachers. International Electronic Journal of Mathematics Education. 2017. No. 12 (3). P. 655–666.

4. Suastikaa K. Mathematics Learning Model of Open Problem Solving to Develop Students' Creativity. International Electronic Journal of Mathematics Education. 2017. No. 12 (3). P. 569–577.

5. Nadjafikhah M., Yaftian N., Bakhshalizadehc Sh. Mathematical creativity: some definitions and characteristics. Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2012. Vol. 31. P. 285–291. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.12.056.

6. Abdillah Abdillah, Ajeng Gelora Mastuti, Muhajir Abd Rahman. Ill-Structured Mathematical Problems to Develop Creative Thinking Students. Proceedings of the International Conference on Mathematics and Islam ICMIs 2018 (Hafiyusholeh. Indonesia, Mataram, Lombok Island, August 3-5, 2018). Portugal, Setúbal, Science and Technology Publications, 2018. DOI: 10.5220/0008516700280033.

7. Медведева О.М., Заборский Б.В. О некоторых способах развития творческого мышления при усвоении математических понятий // Современное образование: содержание, технологии, качество. Сборник материалов XXV межд. науч.-метод. конф. (СПб., 23 апреля 2019 г.). СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 600–602.

8. Maloshonok N., Shmeleva E. Factors Influencing Academic Dishonesty among Undergraduate Students at Russian Universities. Journal of Academic Ethics. 2019. Vol. 17 (3). P. 313–329. DOI: 10.1007/s10805-019-9324-y.

9. Bylieva D.S., Lobatyuk V.V., Nam T.A. Academic dishonesty in e-learning system. Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference IBIMA 2019 Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020 (Spain, Granada, 10–11 April 2019). P. 7469–7481. [Electronic resource]. URL: https://ibima.org/accepted-paper/academic-dishonesty-in-e-learning-system/ (date of access: 25.06.2021).

10. Bylieva D., Lobatyuk V., Tolpygin S., Rubtsova A. Academic Dishonesty Prevention in E-learning University System. Trends and Innovations in Information Systems and Technologies WorldCIST 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1161. P. 225–234. DOI: 10.1007/978-3-030-45697-9_22.

11. Toro S. 8 Ways to Reduce Student Cheating. Edutopia, January 11, 2021. [Electronic resource]. URL: https://www.edutopia.org/article/8-ways-reduce-student-cheating (date of access: 25.06.2021).

12. Williams R. The Use of Digital Applications and Websites in Completing Math Assignments. USA, Portland, Concordia University St. Paul. 2020. 165 p. [Electronic resource]. URL: https://digitalcommons.csp.edu/cup_commons_grad_edd/452 (date of access: 25.06.2021).

13. Дорофеев С.Н., Иванова Т.А., Утеева Р.А., Шабанов Г.И., Дербеденева Н.Н. Преемственность в подготовке будущих бакалавров педагогического образования (профиль «Математика») к творческой деятельности // Гуманитарные науки и образование. 2018. Т. 9. № 4 (36). С. 25–30.

14. Краснощеков В.В., Абу-Хаттаб А.Х., Семенова Н.В. Проблемы эффективности и качества текущего контроля по математическим дисциплинам в вузе // Современное образование: содержание, технологии, качество. Материалы XXVI междунар. науч.-метод. конф. (СПб, 29 сентября 2020). СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. С. 414–417.

15. Краснощеков В.В., Абу-Хаттаб А.Х., Семенова Н.В. Инновационная методика преподавания теории вероятностей в больших потоках // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 8. С. 199–203.

УДК 372.881.1

ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ В КОНТЕКСТЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ

Куприянчик Т.В., Ермякина Н.А.

ФГКОУ ВО «Сибирский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации», Красноярск, e-mail: tatvk56@gmail.com, natasherm@gmail.com

В статье на основе изучения научно-педагогической и методической литературы отечественных и зарубежных авторов проанализированы основные характеристики проектно-ориентированного обучения (метода проектов) как образовательной технологии, определена его специфика в процессе преподавания иностранного языка для специальных целей в целом и в образовательных организациях системы МВД России в частности. Отмечаются высокая коммуникативная направленность проектного метода, активное вовлечение обучающихся в образовательный процесс, развитие их самостоятельности и инициативности, повышение мотивации в изучении языка специальности, развитие у обучающихся способности интегрировать знания из различных предметных областей и использовать полученные результаты в практической деятельности. Реализация метода проектов представлена в контексте будущей профессиональной деятельности обучающихся. В рамках исследования разработано примерное тематическое поле проектов по дисциплинам «Иностранный язык» и «Иностранный язык в сфере юриспруденции», которое рассматривается авторами как дидактический ресурс, направленный на применение технологии проектно-ориентированного обучения для решения целей и задач курса иностранного языка в образовательной организации МВД России. В качестве примера реализации метода проектов в учебном процессе приводится междисциплинарный исследовательский проект «Юридические тексты».

Ключевые слова: образовательная технология, проектно-ориентированное обучение, метод проектов, иностранный язык для специальных целей, тематическое поле, междисциплинарный исследовательский проект

PROJECT-BASED LEARNING IN THE CONTEXT OF TEACHING FOREIGN LANGUAGE FOR SPECIFIC PURPOSES

Kupriyanchik T.V., Ermyakina N.A.

Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Krasnoyarsk, e-mail: tatvk56@gmail.com, natasherm@gmail.com

The main characteristics of project-based learning (project method) as an educational technology are analyzed in the article based on the study of domestic and foreign scientific, pedagogical and methodological literature. Specific features of using the project method in teaching a foreign language for specific purposes in general as well as at educational organizations of the system of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation are revealed in the article. The authors note a high communicative orientation of the project method, the active involvement of students in the educational process, the development of their independence and initiative, increased motivation in learning the specialty language, the development of students' ability to integrate knowledge from various subject areas and use the results obtained in practical activities. The implementation of the project method is presented in the context of the future professional activities of students. Within the framework of the study, an approximate thematic field of projects in the disciplines «Foreign language» and «Foreign language in the field of law» was developed, which is considered by the authors to be a didactic resource aimed at using the technology of project-based learning to achieve the goals of the foreign language course at an educational organization of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. As an example of the implementation of the project method in the educational process the interdisciplinary research project «Legal texts» is presented in the article.

Keywords: educational technology, project-based learning, project method, foreign language for specific purposes, thematic field, interdisciplinary research project

Одной из приоритетных задач в методике преподавания иностранных языков является поиск и внедрение эффективных методик, образовательных технологий и форм организации учебного процесса, которые бы отвечали требованиям современных стандартов образования, предусматривающих наличие у выпускников определенного набора компетенций, включающих, помимо иноязычной коммуникативной и межкультурной компетенций, также системные компетенции, такие как нестандартное творческое мышление, способность работать самостоятельно, ориентироваться в информационном пространстве и обучаться на протяжении всей своей жизни.

В контексте данного исследования в качестве одной из наиболее перспективных образовательных технологий, сочетающей в себе теоретические и практические составляющие, творческий потенциал и самоорганизацию обучающихся в процессе обучения, рассматривается проектно-ориентированное обучение. Использование

метода проектов в обучении иностранным языкам делает актуальным поиск новых возможностей его применения.

Объект исследования – проектно-ориентированное обучение в контексте преподавания иностранного языка для специальных целей.

Цели исследования – теоретическое обоснование использования проектно-ориентированного обучения как образовательной технологии в процессе обучения иностранному языку и разработка методических рекомендаций по внедрению метода проектов в практику преподавания иностранного языка для специальных целей в образовательных организациях системы МВД России.

Материал и методы исследования

Основными методами исследования являются: теоретический анализ научно-методической и психолого-педагогической литературы по проблемам проектно-ориентированного обучения (метода проектов) в процессе преподавания иностранного языка для специальных целей, сравнительно-сопоставительный анализ, систематизация материалов по проблеме исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

По мнению Н.Д. Гальсковой, «можно выделить качественные “ориентиры” современных технологий или методик обучения иностранным языкам как совокупности приемов, способов и форм обучения. В учебном процессе по иностранным языкам они:

– вовлекают каждого учащегося в активный познавательный и информационно-коммуникационный процесс, в том числе и прежде всего с помощью средств современных информационных технологий;

– позволяют создавать условия для практического применения каждым обучающимся приобретенных знаний, навыков и умений;

– помогают учащимся осознать, где, каким образом и для каких целей приобретаемые знания могут быть применены;

– развивают не только иноязычную коммуникативную компетенцию, но и личностные качества обучающегося, выдвигая в качестве доминирующей компоненты организации образовательного процесса по иностранным языкам интересы и ценности личности, ее способности и социально значимые качества» [1, с. 39].

Анализ перечисленных «ориентиров» позволяет утверждать, что проектно-ориентированное обучение (или, как принято говорить в отечественной педагогике, метод проектов) по праву относится к числу наиболее эффективных образовательных технологий. На наш взгляд, в условиях неязыковой образовательной организации «Иностранный язык» является той дисциплиной, в практике преподавания которой реализация проектно-ориентированного обучения имеет особое значение.

Становление и развитие теории и практики проектно-ориентированного обучения и проектной деятельности обучающихся связаны с научными поисками отечественных и зарубежных исследователей.

В последнее десятилетие были исследованы следующие вопросы, связанные с проектной деятельностью обучающихся: проектное обучение в профессиональной подготовке будущих специалистов, творческая проектная деятельность обучающихся, исследовательско-проектная деятельность как форма учебного сотрудничества; формирование готовности к проектной деятельности, формирование коммуникативной культуры в процессе проектного обучения и др. (М.Ю. Бухаркина, О.С. Виноградова, С.И. Горлицкая, В.В. Копылова, А.П. Кузнецова, Н.В. Матяш, О.М. Моисеева, И.Ю. Соловьева, Н.Ю. Пахомова, Е.С. Полат, Т.Е. Сахарова, Д.А. Слинкин, П.Р. Полякова, И.Д. Чечель и др.).

Ряд исследователей, занимавшихся проблемами использования потенциала проектного обучения в преподавании иностранного языка (Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина, В.В. Копылова, И.В. Домбровская и др.), отмечают, что применение метода проектов при обучении иностранному языку для специальных целей позволяет переместить акцент с лингвистического аспекта на содержательный, исследовать проблемы и размышлять над их решением, используя язык как инструмент, сфокусировать внимание обучающихся не на структуре языка, а на решаемой проблеме, в том числе профессионально значимой.

Среди отечественных исследователей ведущее место занимают работы Е.С. Полат, которая определяет метод проектов как «способ достижения дидактической цели через детальную разработку проблемы (технологию), которая должна завершиться вполне реальным, осязаемым практическим результатом, оформленным тем или иным образом» [2] и рассматривает использование потенциала метода проектов в обучении иностранным языкам.

Программными документами в области проектно-ориентированного обучения за рубежом можно считать разработки Института Бака по вопросам образования (Buck Institute for Education, USA). Иссле-

дователями Института в помощь педагогам, использующим метод проектов, разработана комплексная научно обоснованная модель «Золотой стандарт проектного обучения» в контексте ключевых знаний, информированности и формирования навыков достижения успеха, включающая в себя семь основных элементов:

– сложную проблему или проблемные вопросы – проект представляет собой значимую проблему, которую необходимо решить, или вопрос соответствующего уровня сложности, на который необходимо дать ответ;

– долгосрочное исследование – обучающиеся вовлечены в процесс постановки вопросов, поиска ресурсов и использования информации;

– аутентичность – проект включает реальный контекст, задачи и инструменты, стандарты качества либо затрагивает личные интересы и проблемные вопросы из жизни обучающихся;

– мнение обучающегося и его выбор – обучающиеся самостоятельно принимают некоторые решения относительно проекта, включая то, каким образом они работают, что создают и как выражают свои собственные идеи;

– рефлексию – обучающиеся и преподаватели анализируют эффективность результатов исследования и проектной деятельности, качество работы обучающихся, возникающие препятствия и стратегии их преодоления;

– критику и корректировку (редактирование) проекта – в результате обратной связи обучающиеся имеют возможность корректировать процесс и результат;

– открытый (доступный) продукт – обучающиеся предают гласности свою работу над проектом, делятся ее результатами, объясняя или представляя продукт проекта за пределами аудитории [3].

В исследовании «Project Based Learning. Evaluation report and executive summary (November 2016)», проведенном Фондом поддержки образования (Foundation Endowment Foundation), Великобритания, проектно-ориентированное обучение определяется как форма обучения, ориентированная на обучающихся и основанная на трех конструктивистских принципах: зависимость обучения от контекста, активность обучающихся в образовательном процессе и достижение целей посредством социального взаимодействия, взаимопонимания и обмена знаниями [4]. Проектно-ориентированное обучение считается особым типом обучения, в котором контекст обучения обеспечивается с помощью аутентичных вопросов и проблем, возникающих в реальной практике, которые приводят к получению значимого опыта в обучении.

P. Blumenfeld, B.J. Fishman, J. Krajcik, R.W. Marx и E. Soloway (2000), например, описывают процесс проектной методики как «необходимость предоставления обучающимся возможности для получения знаний, решая реальные проблемы путем постановки и уточнения вопросов, планирования и проведения исследований, сбора, анализа и интерпретации информации и данных, делая выводы и представляя отчет о результатах работы» [5].

Одним из требований к проведению научно-исследовательских работ в СибЮИ МВД России является изучение исследований, выполненных коллективами авторов на базе образовательных организаций системы МВД России и размещенных в Банке данных системы научно-технической информации МВД России. Среди изученных работ интерес для нашего исследования представляет научно-исследовательская работа «Лингводидактические основы реализации языковой подготовки в системе высшего профессионального образования», выполненная коллективом авторов под руководством А.Г. Мажаровой (Воронежский юридический институт МВД России). В работе отмечается, что резко возросший интерес к методу проектов, который довольно долго не считался эффективным способом языковой подготовки в условиях нелингвистической образовательной организации, обусловлен смещением акцентов на формирование не собственно языковой, а комплексной профессиональной компетенции обучающихся. В качестве эффективного средства, обеспечивающего создание нового информационного поля, рассматриваются телекоммуникационные проекты, которые предоставляют новые возможности в организации процесса формирования общекультурных компетенций, обеспечивают обширный доступ к информации и интерактивный диалог [6]. Анализ ряда работ позволяет констатировать, что в них фрагментарно затрагиваются проблемы проектно-ориентированного обучения и использования метода проектов в практике преподавания иностранного языка в образовательных организациях МВД. Вместе с тем проектно-ориентированное обучение (метод проектов) не становилось отдельным предметом научных исследований в образовательных организациях системы МВД России.

Большинство исследователей считают, что именно метод проектов является одним из наиболее эффективных и целесообраз-

ных методов обучения иностранным языкам, так как его использование не только способствует повышению коммуникативной компетенции, развитию языковой личности обучающихся, формирует их умения и навыки в основных видах речевой деятельности, создает условия для активной устной практики каждого обучающегося, но и стимулирует самостоятельную работу обучающихся по приобретению знаний, а также повышает их внутреннюю мотивацию и интерес к изучению иностранного языка.

Выбор того или иного типа проекта определяется тематическим содержанием курса иностранного языка для специальных целей, междисциплинарными связями, предпочтениями/интересами, а также уровнем языковой подготовки обучающихся. На практике нередко реализуются смешанные проекты, которые демонстрируют признаки как исследовательских и творческих, так и проектно-ориентированных работ.

В условиях реализации проектного метода как личностно-ориентированной образовательной технологии происходит изменение модели взаимодействия преподавателя с обучающимися. Обучающийся становится активным субъектом собственной учебно-познавательной деятельности, осознающим ее цель, способным планировать и осуществлять программу действий по ее достижению, ориентируясь на свои интересы и способности. Преподаватель в зависимости от этапа разработки проекта выступает в роли организатора (координатора), консультанта, фасилитатора или эксперта.

В курсе иностранного языка метод проектов может быть использован в рамках программного материала в соответствии с тематическим планом дисциплины с учетом практической значимости той или иной темы для обучающихся, формирования фоновых знаний в рамках специальных дисциплин, а также будущих профессиональных интересов специалистов.

Практика показывает, что в условиях обучения иностранному языку для специальных целей необходимо поэтапное введение обучающихся в контекст проектно-ориентированного обучения, а именно: выполнение проектных заданий на начальном этапе обучения языку специальности с переходом на подготовку краткосрочных практико-ориентированных проектов, интегрированных в практические занятия, с последующим выполнением практико-ориентированных междисциплинарных проектов, исследовательских междисциплинарных или информационных, а также творческих проектов.

Нам импонирует предложение З.А. Возна ввести понятия «проблемно-проектное содержание» и «проектно-тематический подход» в рамках преподавания дисциплины. Она отмечает, что «с точки зрения проектно-тематического подхода в каждой предложенной программой дисциплины теме можно сформировать проблему, которая станет основой для организации проекта. В таком случае сам курс будет рассматриваться как проект, который в свою очередь состоит из тематических частей, проектов, которые выполняются для конкретных учебных целей» [7].

В соответствии с тематическим планом дисциплины преподаватель определяет учебные проблемные ситуации, задачи и задания на основе предметного и междисциплинарного содержания, тем самым создавая тематическое поле проектов.

По нашему мнению, тематическое поле проектов – это своеобразный дидактический ресурс, ориентированный на применение технологии проектно-ориентированного обучения для решения целей и задач курса иностранного языка в неязыковом вузе с целью формирования иноязычной коммуникативной компетенции в контексте квазипрофессиональной деятельности.

В рамках данного исследования авторами представлено примерное тематическое поле проектов по дисциплинам «Иностранный язык», «Иностранный язык в сфере юриспруденции» (таблица).

Определяя тематическое поле, преподаватель должен помнить об оптимальном соотношении лингвистического аспекта и практико-ориентированного содержания, включающего в себя элементы будущей профессиональной деятельности обучающихся, о постановке перед ними коммуникативной проблемы, требующей решения квазипрофессиональной задачи в условиях учебного и/или квазипрофессионального группового либо парного общения, а также о сведении к минимуму текстовой информации с целью стимулирования дополнительного поиска.

Приведем пример учебного исследовательского междисциплинарного проекта «Юридические тексты» (дисциплина «Иностранный язык (углубленное изучение)»), в рамках которого обучающимся предлагается подготовить академическое эссе на английском языке, которое содержало бы информацию по одной из тем юридического спектра.

Данный проект выполняется по материалам монографии «Introduction to Criminal Investigation: Processes, Practices and Thinking», авторы Rod Gail and Darry Plecas [8].

Тематическое поле проектов по дисциплинам
«Иностранный язык», «Иностранный язык в сфере юриспруденции»

Тема (в соответствии с тематическим планом дисциплины)	Тематическое поле проектов
Personal Data. Biography	• 5 Smart Ways to Improve your Speaking Skills. • Who am I? What am I? • No one is you and that is your power. • You are not your resume, you are your work.
Higher Legal Education. Types of Legal Profession	• Education is the bridge between you and successful life. • A good education is a foundation for a better future.
Training of Police Officers. Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation	• My path – from a cadet of a police academy to the police officer. • The Institute I study at. • Siberian Law Institute of the MIA of Russia – this is where my career begins. • Open Doors Day at SLI of MIA of Russia.
Youth and Drugs. Drug Prevention.	• Say No to Drugs. • Don't fall into death trap. • I have big plans for my future that's why I choose to be drug free
Crimes. Drug Related Crimes	• Small crimes always precede great ones. • Poverty is the Parent of revolution and Crime (Aristotle) • Drugs and Crime: Is there any relationship?
Functions of Police. Basic Police Activities	• Being a good police officer is one of the most difficult, dangerous, idealistic jobs in the world. • All women are created equal, but only the finest (the best) become police officers.
Punishment. Types of Punishment	• Injustice Anywhere is the Threat of Justice Everywhere • Death Penalty. Pros and Cons
Investigation of Crime	• How to Be a Good Detective • What makes a good investigator? • Inside The Mind of A Detective: What Skills Do You Need?
My Future Profession is a Law Enforcement Officer	• To be or not to be … a police officer. • Police officer … Be a force for all! • My parents are police officers • So, you want to be a police officer …
Crime Scene Investigation	• Every contact leaves a trace • Have you found and collected all evidence at the crime scene?

Предлагается следующая тематика (на выбор): Some Important Basic Concepts of Criminal Investigation; What You Need To Know About Evidence; The Process of Investigation; Strategic Investigative Response; Applying the Investigative Tools; Witness Management; Crime Scene Management; Interviewing, Questioning, and Interrogation; Forensic Sciences.

В реализации данного проекта можно выделить несколько этапов.

I этап – подготовка: преподаватель проводит занятие, представляя информацию о понятии академического эссе, его структуре, использовании вводных фраз для его структурирования; происходят деление участников на группы, выбор темы академического эссе и ее утверждение.

II этап – планирование: формулирование обучающимися собственных задач; активное обсуждение, в процессе которого участниками групп вырабатывается план действий по выполнению поставленных ими задач; анализ возникающей проблемы: что уже есть и что нужно было бы сделать. Значимость данного этапа состоит в создании банка идей и предложений.

III этап – исследование: на данном этапе проводятся тщательный отбор текстового материала, содержащего актуальную информацию по заданной теме, и его обсуждение; составляется план эссе, который может быть проверен преподавателем при необходимости. После этого обучающиеся приступают к подготовке собственного академического эссе по выбранной теме.

IV этап – результаты и выводы: обучающиеся завершают структурирование академического эссе и приступают к уточнению и анализу собранной ранее информации; формулируют выводы.

V этап – презентация: происходит в виде монолога представителя/представителей каждой группы или группы в полном составе.

Вопросы преподавателя, аудитории позволяют организовать дискуссию, в ходе которой демонстрируются интерес к рассматриваемым вопросам со стороны слушающих, умение участников проекта аргументировать свою точку зрения в рамках представленного продукта проектной работы.

VI этап – оценка результатов: обмен мнениями о выполненной работе; коллективное обсуждение эффективности данного метода как способа развития иноязычной компетенции обучающихся, а также средства получения профессионально значимой информации.

С целью проведения адекватного оценивания можно выделить следующие критерии: глубина анализа информации; четкость изложения материала, полнота исследования; логичность и последовательность изложения материала; соблюдение структуры академического эссе; уровень стилевого оформления материала (использование вводных фраз).

Для выбора тем подобных проектов можно предложить следующую тематику в рамках междисциплинарной интеграции: What are Powers & Duties of Police?; Why Police-Community Relationships Are Important; The Problem of Interrogation-Induced False Confession; Interviewing, Questioning, and Interrogation; Police: Crime-Scene Investigation and Forensic Sciences.

Считаем возможным и даже необходимым при определении тематики подобных проектов проведение консультаций с преподавателями специальных дисциплин с целью использования результата (продукта) проекта в дальнейшей работе обучающихся (при подготовке реферата, выпускной квалификационной работы и др.).

Несмотря на ряд преимуществ проектного метода при изучении иностранного языка, для его применения в условиях образовательной организации МВД России могут возникнуть определенные препятствия, связанные со спецификой учебного процесса в данных учебных заведениях. Во-первых, это значительное количество времени, которое требуется как на подготовку, так и на реализацию проектного метода в условиях совмещения обучающимися учебной и служебной деятельности. Во-вторых, это отсутствие у обучающихся навыков самостоятельной работы. Еще одним препятствием может быть недостаточный уровень иноязычной подготовки основной массы обучающихся. Кроме того, раздельное (по времени) преподавание профессионально ориентированного иностранного языка и профильных дисциплин затрудняет успешную реализацию междисциплинарных проектов. Однако в процессе подготовки и реализации проекта обучающиеся могут обогащать свои знания по профильным дисциплинам средствами иностранного языка. В связи с отмеченным выше дефицитом времени обучающихся на подготовку проекта считаем целесообразным в образовательных организациях системы МВД России организовать реализацию краткосрочных тематических междисциплинарных практико-ориентированных проектов и их интеграцию в систему практических занятий.

Мы согласны с И.Н. Айнутдиновой, что «грамотно выстроенная система проектной деятельности, нацеленная на интеграцию профессиональной и иноязычной подготовки будущих специалистов и опосредованная междисциплинарными связями в вузе, может рассматриваться педагогическим сообществом как эффективный драйвер инновационного образования … » [9, с. 79].

Вместе с тем мы разделяем мнение Л.И. Палаевой о том, что «не стоит рассматривать метод проектов как основной, определяющий стратегию обучения иностранным языкам, претендующий на то, чтобы вытеснить другие методы и виды учебной деятельности. Метод проектов – это лишь один из компонентов образовательного процесса, который может быть эффективно использован на различных этапах обучения, дополняя любые другие методы в условиях вариативности обучения иностранному языку, и позволяющий оптимизировать процесс обучения иностранным языкам» [10, с. 24].

Заключение

В условиях обучения иностранному языку для специальных целей применение метода проектов имеет ряд преимуществ, к которым можно отнести: высокую коммуникативную направленность проектного метода; активное вовлечение обучающихся в образовательный процесс, развитие их самостоятельности и инициативности; создание языковой среды, способствующей развитию естественной потребности в общении на иностранном языке, повышению мотивации в изучении языка специальности; развитие у обучающихся способности интегрировать знания из различных предметных областей и использовать полученные результаты в практической деятельности; формирование у обучающихся навыков исследовательской работы (поиска информации; работы со справочной литературой, интернет-ресурсами; обработки полученных данных).

Метод проектов наряду с активными и интерактивными методами способствует накоплению обучающимися языкового и речевого опыта, дает возможность значительно интенсифицировать учебный процесс, активизировать учебную деятельность обучающихся, сделать ее продуктивной и непосредственно связать изучение языка с контекстом будущей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Гальскова Н.Д., Василевич А.П., Коряковцева Н.Ф., Акимова Н.В. Основы методики обучения иностранным языкам: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2017. 390 с.

2. Полат Е.С. Метод проектов. История и теория вопроса. [Электронный ресурс]. URL: https://refdb.ru/look/2917205.html (дата обращения: 16.07.2021).

3. Gold Standard PBL: Essential Project Design Elements / Buck Institute for Education PLB. [Электронный ресурс]. URL: http:// www.pblworks.org/what-is-pbl/gold-standard-project-design (дата обращения: 16.07.2021).

4. Menzies V., Hewitt C., Kokotsaki D., Collyer C., Wiggins A. Project Based Learning: evaluation report and executive summary, Project Report. Education Endowment Foundation. London, 2016. 103 p.

5. Blumenfield P., Fishman B.J., Krajcik J., Marx R.W. and Soloway E. Creating usable innovations in systemic reform: scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. Educational Psychologist. 2010. Vol. 35(3). P. 149-164.

6. Лингводидактические основы реализации языковой подготовки в системе высшего профессионального образования: отв. исполнитель А.Г. Мажарова. Воронеж: Воронежский юридический институт МВД России. 2016 // Электронный ведомственный ресурс сети МВД России. [Электронный ресурс]. URL: http://10.5.0.15/onti/niokr/ (дата обращения: 27.06.2021).

7. Возна З.А. Проектно-тематический подход в системе обществоведческого образования школьников // Современная педагогика. [Электронный ресурс]. URL: https://pedagogika.snauka.ru/2014/07/2532 (дата обращения: 19.05.2021).

8. Gehl Rod, Plecas Darryl. Introduction to Criminal Investigation: Processes, Practices and Thinking. New Westminster, BC: Justice Institute of British Columbia. [Электронный ресурс]. URL: https://pressbooks.bccampus.ca/criminalinvestigation/. (дата обращения: 19.05.2021).

9. Айнутдинова И.Н. Метод проектов как инструмент развития междисциплинарных связей в университетах России // Гуманитарные науки. 2018. № 3(43). С. 75-82.

10. Палаева Л.И. Метод проектов в обучении английскому языку учащихся среднего этапа обучения общеобразовательной школы: автореф. дис. … канд. пед. наук. Москва, 2005. 28 с.

УДК 372.854:378.147

РОЛЬ МОЛОДЁЖНОГО НАУЧНОГО КРУЖКА В ФОРМИРОВАНИИ И РАЗВИТИИ ХИМИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ВУЗА

[1]Макарова О.А., [1]Гринченко Е.Л., [2]Уварова Т.А., [1]Мендубаева З.А.

[1]ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет», Омск, e-mail: vitmar20@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: ta2111@mail.ru

В статье рассматривается вопрос формирования и развития химических компетенций, необходимых для успешного освоения химических дисциплин, у студентов в рамках молодёжного научного кружка. Цель данного исследования – изучение эффективности научной студенческой работы в процессе формирования и развития химических компетенций у студентов. Авторами показана взаимосвязь химических компетенций с организацией деятельности молодёжного научного кружка, приведены различные формы работы. Определены группы химических компетенций, необходимых для развития научного потенциала у студентов-кружковцев. Представлены методы и формы формирования компетенций, позволяющие участникам научного кружка проявлять наибольшую активность в научном исследовании. Показана взаимосвязь приобретённых практических знаний на занятиях по химическим дисциплинам. Подобное взаимодействие помогает студентам более глубоко изучать теоретические предметы, способствует более полному освоению химических знаний. Представленные результаты, полученные с помощью эмпирических методов исследования, и статистическая обработка показывают, что участие студентов в научном кружке повышает уровень сформированности химических компетенций. Эффективность молодежного научного кружка оценивалась по трем критериям: публикационная активность, участие в межвузовских конференциях и участие в международных конференциях. Выявленная нами проблема низкой публикационной активности у студентов научного кружка показывает недостаточное развитие коммуникативной компетенции.

Ключевые слова: химические компетенции, студенческое научное общество, молодёжный научный кружок, научно-исследовательская работа, эффективность деятельности молодежного научного кружка

THE ROLE OF THE YOUTH SCIENTIFIC CIRCLE IN THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF CHEMICAL COMPETENCIES OF UNIVERSITY STUDENTS

[1]Makarova O.A., [1]Grinchenko E.L., [2]Uvarova T.A., [1]Mendubaeva Z.A.

[1]Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: vitmar20@mail.ru;
[2]Southwest State University, Kursk, e-mail: ta2111@mail.ru

The article deals with the formation and development of chemical competencies among students within the framework of a youth scientific circle, which are necessary for the successful development of chemical disciplines. The purpose of this study is to study the effectiveness of scientific student work on the formation and development of chemical competencies among students. The authors show the relationship of chemical competencies with the organization of the activities of the youth scientific circle. The groups of chemical competencies necessary for the development of scientific potential of students are determined. Methods and forms of competence formation that allow the participants of the scientific circle to be most active in scientific research are presented. The interrelation of the acquired practical knowledge in the classes of chemical disciplines is shown. Such interaction helps students to study theoretical subjects more deeply, contributes to a more complete development of chemical knowledge The presented results obtained using empirical research methods show that the participation of students in the scientific circle increases the level of mastering chemical competencies. The effectiveness of the youth scientific circle was evaluated according to three criteria: publication activity, participation in interuniversity conferences and participation in international conferences. The problem of low publication activity among students of the scientific circle revealed by us shows the insufficient development of communicative competence.

Keywords: chemical competencies, student scientific society, youth scientific circle, research work, effective activity of the youth scientific circle

Современное российское образование, в том числе и медицинское, неразрывно связано с развитием науки. В связи с этим в высших учебных заведениях большое внимание уделяется развитию студенческой науки. Создаются необходимые условия для раскрытия творческого потенциала студентов и его реализации. Молодежные научные кружки (МНК) являются важным звеном в становлении молодого ученого. Вопрос развития молодежной науки рассматривался многими учеными-педагогами (М.С. Абдурашидова, С.С. Алексеева, В.А. Корвяков и др.) [1–3]. Ученые подчеркивают, что для стимулирования интереса к науке у студентов необходимо обеспечить организацию самостоятельного выполнения научно-исследовательской работы в вузе. В российских высших учебных заведениях существуют студенческие научные общества (СНО), деятельность которых достаточно широко освещается учеными-педагогами (И.С. Андронов, А.В. Ермилова, О.А. Компанеец, Л.П. Хабарова [4–7]. Ос-

новными характеристиками СНО являются самодеятельность (способность студента самостоятельно решать поставленную учебную задачу); самоорганизация (способность студента самостоятельно организовать время над научно-исследовательской работой); специфичность (включает в себя научные кружки различной направленности). Работа в СНО дает возможность раскрыть научный потенциал студентов, начинать развиваться будущим специалистам в новых направлениях, плодотворно сотрудничать с интересными людьми, представителями не только других вузов, но и других стран, содействовать укреплению и развитию межвузовских, межотраслевых и международных связей обучающихся и молодых специалистов, а также оказывать содействие информационному обеспечению научных исследований обучающихся и молодых специалистов, пропаганде научно-технического творчества молодежи, в том числе в электронных средствах массовой информации [1]. Студенческое научное общество может стать стартовой площадкой, точкой роста и развития молодого поколения в научном направлении.

Целью нашего исследования является определение роли молодежного студенческого научного кружка в формировании химических компетенций.

Материалы и методы исследования

Использовался комплекс теоретических и эмпирических методов, количественный и качественный анализ полученных данных, длительный и этапный характером экспериментальной работы, разнообразие используемых методов исследования. Экспериментальная проверка и внедрение результатов осуществлялась в ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» (г. Омск) на кафедре химии.

Результаты исследования и их обсуждение

Первичной структурной единицей СНО является молодёжный научный кружок (МНК). Согласно Положению о студенческих научных кружках омского государственного медицинского университета, молодёжный научный кружок – форма организации научной деятельности студентов, выражающаяся в привлечении студентов к научной деятельности, содействии в выборе научного направления, организации экспериментальных работ, проведении научных заседаний, заслушивании и обсуждении на них докладов, участия в студенческих и иных конференциях. Научно-исследовательская работа – особая форма индивидуальной деятельности обучающихся и молодых специалистов, направленная на расширение имеющихся и получение новых знаний, на формирование навыков изобретательской, аналитической, практической, творческой деятельности, на выработку умений осуществления научных исследований и экспериментальных работ.

В связи с этим молодежный научный кружок кафедры химии играет важную роль в формировании и развитии химических компетенций у студентов медицинского вуза. Химические компетенции можно разделить на три основные группы: коммуникативные, информационно-аналитические, инструментально-исследовательские, содержание которых представлено в табл. 1 [8, с. 10].

Таблица 1

Содержание химических компетенций

Группа химических компетенций	Компоненты содержания химических компетенций
Коммуникативные (связанные с письменной и устной коммуникацией, владением химической терминологией, химическим языком)	– владеть химической терминологией; – уметь грамотно излагать свои мысли, объяснить суть проблемы, используя химический язык; – уметь вести дискуссию профессионального содержания, выступать с докладом на химических конференциях; – уметь правильно, логично представлять результаты собственных научных исследований
Информационно-аналитические (умения получения и переработки информации, включающие анализ, структурирование, синтез, интерпретацию химических знаний)	– уметь находить профессионально значимую химическую информацию, в том числе в интернете; – уметь структурировать материал; – знать, понимать, применять химические знания и терминологию для анализа явлений окружающего мира; – уметь интерпретировать структурные формулы веществ; – на основе анализа уметь прогнозировать риск воздействия на человека и окружающую среду химических веществ

Окончание табл. 1

Группа химических компетенций	Компоненты содержания химических компетенций
Инструментально-исследовательские (владение знаниями ТБ, техникой лабораторных работ, включая физико-химические методы анализа, владение навыками проведения научных исследований)	– владеть знаниями ТБ; – владеть навыками выполнения лабораторных работ; – уметь использовать лабораторное оборудование при химических исследованиях; – владеть физико-химическими методами анализа для решения профессиональных задач; – уметь отбирать химическую информацию, структурировать материал; – уметь правильно, логично представлять и обосновывать результаты собственных научных исследований

Таблица 2

Взаимосвязь групп химических компетенций и организации деятельности МНК

Группа компетенций	Методы и формы	Результат
Коммуникативные	– мастер-класс «Эффективная коммуникация»; – викторина «Структура научной работы»; – круглый стол «Подготовка публичного выступления»	– выступление с докладом на заседании кружка
Информационно-аналитические	– семинар «Обзор литературы. Поиск, отбор, обработка научной информации: алгоритм работы»; – семинар «Статистическая обработка экспериментальных данных»	– выступление с докладом на заседании кружка; – участие в конкурсах обзора литературы молодых ученых и студентов; – участие во внутривузовских семинарах: ● «Обзор литературы – цель и задачи, методология выполнения»; ● «Методология и правила оформления научной работы»; ● публикации статей в студенческих журналах и сборниках
Инструментально-исследовательские	– мастер-класс «Спектрофотометрический метод анализа»; – внеаудиторное задание «Статистическая обработка собственного исследования»	– выполнение экспериментальной части научно-исследовательской работы в химической лаборатории; – выступление с докладом на заседании кружка; – выступление с докладом на межвузовских и международных конференциях; – участие в конкурсах и конференциях в рамках НОМУСа

Деятельность МНК включает как аудиторную, так и внеаудиторную работу студентов. Аудиторная работа связана с выбором объекта и предмета исследования, определения проблемы и актуальности исследования, формулировкой целей, задач, проведением собственно исследования, выбором наиболее адекватных методик, проведением статистической обработки результатов исследования.

Внеаудиторная работа студентов связана с освоением методов работы с литературой, составлением плана и вопросов к данной теме, выполнением заданий, связанных с интерпретацией, анализом и обобщением информации. При этом студентами приобретается практический опыт. Пользуясь услугами библиотеки, участники МНК самостоятельно организуют сбор фактов, необходимых для последующего самостоятельного выстраивания цепи суждений. Приобретается навык наблюдения, систематизации и анализа полученных данных, а также навык работы с научной, справочной и специальной литературой.

На занятиях изучаются физико-химические методы анализа с применением спектрофотометра, рефрактометра, поляриметра, фотоколориметра. Обучающиеся осваивают технику работы на оборудовании, необходимом для выполнения научно-исследовательской темы. Математическая обработка полученных результатов и выводы студенты делают самостоятельно в рамках внеаудиторной работы.

Фрагмент таблицы, отражающей взаимосвязь групп химических компетенций и организации деятельности МНК, представлен в табл. 2.

Участие в работе молодёжного научного кружка также способствует более полному усвоению знаний по дисциплине «Биоорганическая химия», изучаемой на первом курсе всех специальностей. Например, при освоении работы поляриметра участники МНК знакомятся с такими понятиями, как L- и D-изомеры. С подобными изомерами студенты сталкиваются в теме «Углеводы. Моносахариды», «Карбоновые кислоты» На практике такие формулировки становятся для них более понятными (табл. 3).

Занимаясь в МНК, студенты не только осваивают необходимые компетенции, но и воспитывают в себе такие качества, как самостоятельность, дисциплинированность. Приобретенные студентами знания и умения в процессе исследовательской работы способствуют развитию интереса, играют немаловажную роль при формировании поведенческой культуры и химических компетенций, столь необходимых в профессиональном становлении. Успешные выступления на конференциях различного уровня помогают повышать самооценку, повышать мотивацию к дальнейшей научно-исследовательской работе. Так, участники МНК по химии ОмГМУ выступали на международных конференциях: XIX итоговая международная научно-практическая онлайн-конференция молодых ученых и студентов (г. Бишкек), Международная научно-практическая конференция учащихся, студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Курск). На одной из конференций двое участников МНК, студентов I курса лечебного факультета, заняли призовые места. Кроме того, студенты также принимают участие в публикационной деятельности. На XXVIII заочную студенческую международную научно-практическую конференцию студенты фармацевтического факультета представили исследовательскую работу в виде обзорной статьи. По итогам работы конференции авторам статьи присуждено призовое место.

Результативность работы МНК мы оценивали по трем критериям: публикационная активность участников МНК, количество докладов на межвузовских и международных конференциях. Данные обрабатывались за 2019 г. (n = 24), 2020 г. (n = 18), 2021 г. (n = 10). Результаты отражают табл. 4 и рисунок.

Проведено сопоставление результатов исследования, их статистическая обработка. Достоверность полученных результатов эксперимента проверялась с помощью параметрического показателя – многофункционального критерия Фишера φ (при вероятности допустимой ошибки $p \leq 0,05$, $\varphi^*_{кр.} = 1,6$) [9].

Полученные данные показывают положительную динамику результатов сформированности химических компетенций, что позволяет сделать вывод об эффективности работы молодежного научного кружка. По сравнению с 2019, 2020 гг. в 2021 г. повысилось количество представленных докладов как на межвузовских конференциях, так и на международных конференциях.

Таблица 3

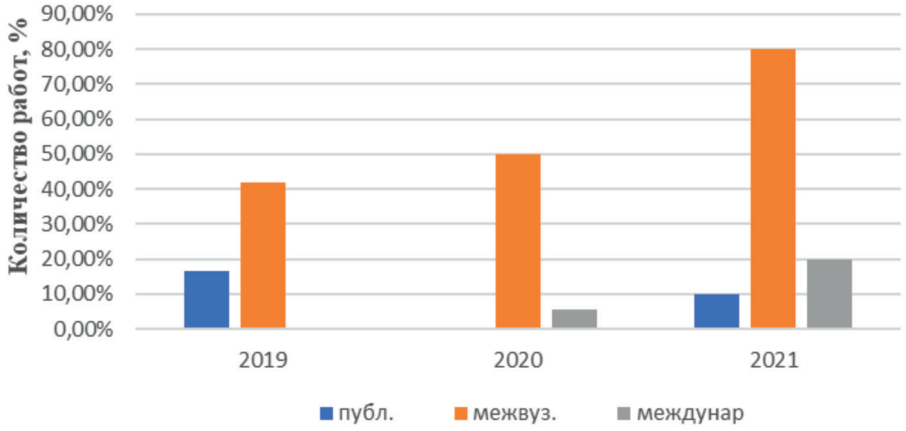
Применение практических знаний на теоретических занятиях

Практическая деятельность	Название дисциплины	Тема занятия
Работа с поляриметром	«Биоорганическая химия»	«Углеводы. Моносахариды»
Титрование	1. «Химия». 2. «Бионеорганическая химия». 3. «Общая и неорганическая химия»	1. «Титриметрия. Метод нейтрализации». 2. «Оксидиметрия. Перманганатометрия». 3. «Комплексные соединения»
Приготовление растворов для всех видов работ (поляриметр, фотоколориметр, титрование, спектрофотометр)	1. «Бионеорганическая химия». 2. «Общая и неорганическая химия»	1. «Титриметрия. Метод нейтрализации». 2. «Оксидиметрия. Перманганатометрия». 3. «Комплексные соединения». 4. «Буферные растворы». 5. «Способы выражения концентраций» (решение задач). 6. «Титриметрический метод анализа» (решение задач)

Таблица 4

Результаты анализа деятельности МНК

Критерии	2019	2020	2021
Публикационная активность студентов	16,7%	0%	10%
Количество докладов на межвузовских конференциях	41,7%	50%	80%
Количество докладов на международных конференциях	0%	5,6%	20%



Динамика результативности деятельности МНК

Как видно из таблицы и рисунка, по критерию публикационной активности показатели низкие. Возможно, подобный результат связан с недостаточно сформированной коммуникативной компетенцией (обработка информации, анализ и умение излагать свои мысли).

Заключение

Таким образом, формируемые химические компетенции в рамках деятельности молодежного научного кружка существенно определяют более глубокое понимание химических процессов и явлений. Результаты нашего исследования демонстрируют, что деятельность молодёжного научного кружка является важным инструментом воздействия на развитие научной активности студентов, формирует химические компетенции, необходимые для изучения химических дисциплин. Кроме того, полученные результаты исследования показали, что существует проблема в публикационной активности студентов. Решение данного вопроса может лечь в основу дальнейшего исследования.

Список литературы

1. Абдурашидова М.С. Усовершенствование системы мотивации по вовлечению молодежи в науку на уровне высших учебных заведений // Молодой ученый. 2017. № 1.3 (135.3). С. 38–41.

2. Алексеева С.С. Мотивация и стимулирование студенческой молодежи к научно-инновационной деятельности в вузе // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=12247 (дата обращения: 03.07.2021).

3. Корвяков В.А. Развитие умений самообразовательной деятельности студентов средствами информационных технологий: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01. Оренбург, 2002. 195 с.

4. Андронов И.С. Студенческое научное общество в структуре интеллектуального капитала высшей школы // Роль интеллектуального капитала в экономической, социальной и правовой культуре общества XX века: сборник научных трудов участников Международной научно-практической конференции. 2016. 106 с.

5. Ермилова А.В. Место науки в жизни и планах студентов (на примере НИГУ им. Лобачевского) // PEM: Psychology. Educology. Medicine. 2015. № 2. С. 61–72.

6. Компанеец О.А. Научная деятельность и ее популяризация в структуре работы студенческого научного общества // Проблемы современного педагогического образования. 2016. № 51. 235 с.

7. Хабарова Л.П. Становление исследовательской компетенции студента в условиях деятельности научного студенческого общества // Осовские педагогические чтения «Образование в современном мире: Новое время – новые решения». 2014. № 1. 158 с.

8. Гринченко Е.Л. Формирование и развитие предметных компетенций у студентов в процессе самообразовательной деятельности по химии в медицинском вузе: автореф. дис. … канд. пед. наук. Москва, 2016. 23 с.

9. Шелонцев В.А., Шелонцева Л.Н., Ольхович И.П. Анализ результатов педагогического эксперимента: учебное издание. Омск: ООО Гуманит. центр «Альфа и Омега», 2008. 32 с.

УДК 378.14

ОТНОШЕНИЕ К ДИДАКТОГЕНИИ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ

Мирошниченко А.А., Иванова Н.П., Протопопова Г.Л.

ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко», Глазов, e-mail: niva28@mail.ru

Вопросы комфортного пребывания ребенка в стенах образовательной организации сегодня стоят достаточно остро. Одним из явлений, оказывающих деструктивное воздействие на самочувствие обучающегося, представляется дидактогения. Разрушительное влияние образовательного процесса, жестокое обращение в детской среде, авторитарный стиль общения педагога часто сигнализируют о предпосылках развития дидактогении в педагогическом процессе. Рассматривается феномен «дидактогения» с точки зрения медико-психологического и педагогического направлений. В работе представлен анализ трудов, посвященных как исследованиям дидактогении, так и вопросам ее профилактики у будущих педагогов, и раскрыты причинно-следственные связи развития тревожности, неврозов, фобий обучающихся в образовательном процессе. Авторами статьи была разработана и апробирована анкета, направленная на выявление отношения к дидактогении студентов педагогического вуза. Выборка составила 90 чел. Опрос показал, что будущие педагоги еще со школьной скамьи знакомы с таким негативным фактом, который ими не одобряется, и в дальнейшем планируют работу по его предупреждению. Результаты исследования подтверждают серьезность и значимость дидактогении как масштабной проблемы, требующей разработки профилактических мер по ее недопущению и искоренению. Данная статья может быть интересна школьным учителям, преподавателям высшей школы и будущим педагогам.

Ключевые слова: дидактогения, будущие педагоги, профилактика, учителя, школьная тревожность

ATTITUDE TO DIDACTOGENY OF FUTURE TEACHERS

Miroshnichenko A.A., Ivanova N.P., Protopopova G.L.

Glazov State Pedagogical Institute named after V.G. Korolenko, Glazov, e-mail: niva28@mail.ru

The issues of a child's comfortable stay in the walls of an educational organization are quite acute today. One of the phenomena that has a destructive effect on the well-being of the student is didactogeny. The destructive influence of the educational process, abuse in the children's environment, the authoritarian style of communication of the teacher often signals the prerequisites for the development of didactogeny in the pedagogical process. The phenomenon of «didactogeny» is considered from the point of view of medical-psychological and pedagogical directions. The paper presents an analysis of the works devoted to the research of both didactogeny and its prevention in future teachers and reveals the cause-and-effect relationships of the development of anxiety, neuroses, phobias of students in the educational process. The authors of the article developed and tested a questionnaire aimed at identifying the attitude to didactogeny of students of a pedagogical university. The sample consisted of 90 people. The survey showed that future teachers are already familiar with such a negative fact from school, which they do not approve of, and further work is planned to prevent it. The results of the study confirm the seriousness and importance of didactogeny as a large-scale problem that requires the development of preventive measures to prevent and eliminate it. This article may be of interest to school teachers, high school teachers and future teachers.

Keywords: didactogeny, future teachers, prevention, teachers, school anxiety

«Кого вы помните из своих школьных учителей и почему?» На этот простой вопрос четверо из пяти педагогов – как практикующих, так и будущих – обязательно вспомнят учителя, который был «очень строг» и которого «все боялись». Очень часто именно такие учителя только и остаются в памяти учеников, к сожалению. Явление дидактогении не является открытием последнего времени. Напротив, как педагогический феномен оно сопровождает всю историю образования и без преувеличения знакомо каждому учащемуся, педагогу, родителю. Под дидактогенией (школьной фобией, дидактогенным неврозом, дидаскалогенией, школьной тревожностью) будем понимать «психогении (от эмоциональной реакции, дающей сдвиг в настроении личности и коллектива, до болезненного состояния), вызванные нечуткими, грубыми словами педагога» [1, с. 34].

Как состоявшееся явление (нервно-психическое расстройство) дидактогения – это предмет изучения психиатров, психотерапевтов, психологов. Их профессиональная деятельность направлена на устранение последствий. Тогда как причина дидактогении – педагог и система образования – не относятся к их компетенции. Противоречие в том, что при следовании федеральному законодательству дидактогении быть не должно. Согласно ему система образования должна адаптироваться к уровню подготовки, особенностям развития, способностям и интересам человека [2, с. 3]. Но дидактогения существует, масштабы требуют серьезного отношения к ней. Как отмечают А.А. Северный и Н.М. Иовчук, в последние годы наблюдается неуклонный рост тяжелых и затяжных депрессивных состояний (35–40 %) – «дидактогенных» депрессий, названных так из-за их тесной связи

со школьным фактором, а точнее с «фактором учителя»» [3, с. 38].

При этом для педагогики, если судить по количеству научных работ со словом «дидактогения» в библиотеке eLIBRARY.RU, эта проблема не является актуальной (668 публикаций). Ее педагогическому осмыслению посвящено менее трети публикаций, тогда как, например, школьная форма вызывает значительно больший интерес исследователей (1175 публикаций). Не находит должного отражения дидактогения и при подготовке будущих педагогов. Анализ проектов примерных основных профессиональных образовательных программ по направлению 44.03.05 (44.03.01) «Педагогическое образование» (35 программ) показал, что только три программы ориентированы на рассмотрение дидактогении как педагогической проблемы [4].

Осознавая потребность комплексного, междисциплинарного подхода к решению проблемы дидактогении считаем, что важнейшей и пока в должной мере не оцененной задачей является ее профилактика как у педагогов действующих, так и будущих. Цель данной статьи – описание первого этапа профилактики, изучение отношения к дидактогении студентов педагогического вуза.

Материалы и методы исследования

Под «отношением» мы понимаем личный опыт будущего педагога, опыт нахождения в ситуациях, ведущих к формированию дидактогении как у самого обучающегося, так и у других обучающихся. Для достижения цели исследования: Во-первых, был проведен анализ исследований и нормативных документов, посвященных исследованиям как дидактогении, так и вопросам ее профилактики у педагогов. Во-вторых, разработана анкета, позволяющая определить отношение к дидактогении будущих педагогов. При разработке анкеты была проведена ее апробация, по итогам апробации 4 вопроса из 9 были скорректированы. В-третьих, проведено анкетирование 2–4 курсов студентов, обучающихся по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). В опросе приняло участие 90 респондентов.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение дидактогении определяется объектом профессиональной направленности исследователей. Выделим два основных, как правило, не взаимодействующих направления: медико-психологическое и педагогическое. Первенство в актуализации дидактогении как проблемы ребенка, требующей помощи специалиста принадлежит медицине. Впервые дидактогению, как патологию, отметил К.И. Платонов. Он сравнивал дидактогению с ятрогенией. При дидактогении он обнаружил, что происходит травмирование психического состояния ученика посредством поведения учителя [5, с. 291]. Термином «дидактогения» обозначают, с одной стороны, психическую травму, источником которой является педагог (неуважительное, несправедливое, предвзятое отношение к учащемуся, прилюдное высмеивание его ответов, поведения, внешнего вида, способностей, грубое, унижающее порицание). С другой стороны, дидактогениями именуют психическое расстройство, возникающее под влиянием названной разновидности психоэмоционального дистресса: неврозы, другие психогенные заболевания [5, 6]. Этиологическими предпосылками дидактогении могут быть следующие факторы: биологические (преморбидные особенности личности ученика и учителя), психосоциальные (различные вредные факторы, которые ослабляют реакции организма, в том числе нервную систему ученика и учителя – пересмотр целей образования с социальной значимости на финансовую, неправильно организованный учебно-образовательный процесс) и поведенческие (частые конфликтные ситуации с учителями у ученика вызывают чувство неуверенности в себе: «Дидактогения проявляется в школьной педагогике чаще, чем можно предполагать, так как в деле образования и воспитания приходится иметь дело с внушаемостью, особенно присущей детскому и юношескому возрасту» [5]).

В.В. Ковалев определяет следующие клинические симптомы у обучающихся, характерные для психической травмы, вызванной педагогом в процессе обучения: трудности засыпания («ранняя» бессонница); фобическое избегающее поведение; нарушения дыхания; напряженное ожидание, ощущение угрозы; тремор, дрожь в верхних и нижних конечностях; потливость, приливы жара или холода; слабость, дурнота, головокружение; деперсонализация (ощущение отстраненности от своего тела или от каких-то его частей); дереализация (ощущение того, что непосредственное окружение стало странным, нереальным, незнакомым) [7].

В литературе по психологии дидактогению отождествляют термином – «школьная тревожность», которая выражается беспокойством обучающегося и ожиданием ученика негативной оценки со стороны педагогов и/или сверстников в ситуации образовательного процесса, где ребенок не-

однократно не уверен в правильности персональных поступков, построении собственного образа действий и личных суждений. Развитие дидактогении осуществляется на трёх уровнях: первый – невротизирующее (стрессовое) влияние учебно-образовательного процесса на обучающегося; второй – невротизирующее влияние учебной работы на педагога; третий – невротизирующее действие возникающей в ходе образовательного процесса коммуникации ученик – учитель [8].

В педагогическом процессе термин «дидактогения» упоминается эпизодически. Предметом обсуждения педагогов является не дидактогения, а предпосылки социально-педагогического и социально-профессионального происхождения – «деструктивные конфликты», которые возникают в результате погрешностей в деятельности педагога [9, 10]. К причинам дидактогении относят и диппольдизм (В.М. Блейхер, И.В. Крук) – разновидность садизма у педагогов, проявляющуюся в истязании ими учеников [6].

К факторам риска развития дидактогении, вызванным действиями педагога, относят: низкую психологическую и эмоциональную культуру педагога, недостаточный опыт в выборе способов и приемов педагогической деятельности, склонность к авторитарному стилю педагогического общения [11]. Предположим, что эти факторы формируются на этапе обучения в вузе. К сожалению, вопросы, связанные с диагностированием дидактогений на этом этапе, не привлекают достаточного внимания исследователей. Насколько же знакома будущим педагогам дидактогения? С целью получения ответа на поставленный выше вопрос нами была разработана и апробирована анкета, содержащая 9 вопросов открытого типа. В опросе приняли участие 90 студентов педагогического вуза.

На вопрос «Опишите среднюю степень Вашего страха перед педагогами в вузе по 10-балльной шкале (0 баллов – страха нет, 10 баллов – неуправляемая паника)» были получены следующие результаты: 51,7% респондентов оценили свой страх от 1 до 4 баллов, 42,9% от 5 до 8 баллов и лишь 1,1% в 9–10 баллов. При этом 3,3% отметили, что страха совсем нет, и поставили 0 баллов.

Необходимо было описать процентное соотношение педагогов вуза, перед которыми степень страха респондента располагается в пределах: 0–3 балла (совсем не страшно), 3–6 баллов (страшно, но не очень), 7–10 баллов (страшно, паника). Получилось, что 42,9% опрошенных указали что большинство педагогов, т.е. 50% и более, у них не вызывают страха, то есть оценили в 0–3 балла; страшно, но не очень, сказали 8,8% и оценили большую часть педагогов от 3 до 6 баллов, и лишь 3,3% опрошенных сказали, что большинство педагогов вуза вызывают у них сильный страх и панику. При этом 7,7% респондентов распределили процентное состояние педагогов поровну. А 9,9% опрошенных отметили, что нет таких педагогов в вузе, от которых возникала бы паника. 36,3% респондентов затруднились распределить по предложенной шкале процентное состояние педагогов.

Те же самые вопросы были предложены для оценки степени страха перед учителями школы. При описании средней степени страха перед педагогами в школе по 10-балльной шкале (0 баллов – страха нет, 10 баллов – неуправляемая паника) были получены следующие результаты: 47,3% оценили свой страх как совсем небольшой от 1 до 4 баллов, 39,6% – от 5 до 8 баллов, и лишь 1,1% – 9–10 баллов. При этом 7,7% опрошенных отметили, что страха нет. Если сравнивать степень страха респондентов перед педагогами вуза и учителями школы, то она практически одинаковая, с небольшой разницей в 3–4%.

Оценивая процентное соотношение педагогов школы в разных пределах, респонденты отметили следующее: 42,9% сказали, что более 50% педагогов не вызывают у них страха, 17,6% большинство педагогов вызывают небольшой страх, 19,8% респондентов отметили, что педагогов, которые бы в школе вызывали страшную панику, нет. И еще 3,3% распределили всех школьных учителей в процентном соотношении поровну. 35,2% опрошенных затруднились распределить педагогов по шкале.

Действия педагога, вызывающие страх у обучающихся: а) повышение голоса, переход на крик, грубость, бестактность, агрессивность, гнев, слишком высокие требования; б) переход на личность обучающегося, оскорбление его достоинства, сравнение с другими, высмеивание недостатков в присутствии класса, группы; в) резкая смена настроения, непредсказуемость, постоянные проверки знаний без предупреждения и др.; г) 3,3% респондентов отмечают даже физические наказания в школе и 3,3% отметили запугивание экзаменами, возможным отчислением из вуза.

Таким образом, мы видим, что неприятные ощущения и страх у студентов вызывают в большей степени педагоги, повышающие голос и отличающиеся особой строгостью и завышенными требованиями. Но также некоторые респонденты

отмечают, что присутствует страх вызова к доске, страх проверки домашнего задания, страх появляется, когда педагог смотрит в журнал для выбора отвечающего. Что интересно, данный вид страха уже не зависит от самого педагога, а от устройства контрольно-оценочной системы.

Каким же образом обучающиеся компенсируют свои страхи? 18,7% занимаются хобби, слушают музыку, рисуют, танцуют, ходят по магазинам, из них 6,6% отметили среди прочего заедание стресса вкусной едой. Грубят и уменьшают взаимодействие с педагогом 4,4% респондентов. Усерднее готовятся к занятиям этого педагога 13,2% опрошенных, а 4,4% – отдаляются от педагога, общение сводят к минимуму. 8,8% делятся проблемами с родителями, друзьями, ищут их поддержки, 3,3% пьют успокоительные, не спят ночами. Что интересно, 5,5% пытаются понять, оправдать педагога, найти его положительные качества. 19,8% – игнорируют, стараются абстрагироваться от происходящего, при этом 4,4% из них развивают уверенность в себе, 3,3% ищут успокоение в другом педагоге, пытаются расслабиться и думать о хорошем 7,7%, но есть и такие, которые затаивают обиду – это 3,3%.

Результаты опроса на данный вопрос показывают, что все-таки лучшим средством компенсации страха, успокоения после полученного стресса является увлечение любимым делом и поиск поддержки со стороны родителей и друзей. При этом достаточно большой процент студентов стараются не обращать внимания на действия педагога. Хотя стоит отметить и то, что для многих такое поведение педагога является стимулом к лучшей подготовке домашнего задания.

Как педагог относится к появлению Вашего страха (неприятных чувств)? Интересно, что в преобладающем большинстве, а это 85,8% ответов, педагог никак не реагирует на страхи обучающихся, лишь 5,5% отмечают, что педагог становится мягче, если замечает, что дети начали бояться, в 5,5% педагог становится еще жестче, а в 3,3% случаях даже наслаждается своим преимуществом.

На вопрос «Будете ли Вы стремиться формировать страх (неприятные чувства) у своих обучающихся? Почему?» 93,5% ответили, что, безусловно, нет, обосновывая это следующим образом: а) между педагогом и учеником должны быть доверительные отношения, построенные на уважении; б) страх подавляет знания детей, любопытство и мотивацию; в) запугивание учеников, влияет на эмоциональное состояние, а это, в свою очередь, на успеваемость и желание учиться; г) формировать надо не страх, а уважение; д) страх вызывает неприязнь к предмету, теряется интерес к обучению вообще и др. Респондентам также предлагалось описать ситуацию, которая им наиболее запомнилась по чувству страха (неприятным ощущениям), связанным с действиями педагога. Ситуации из школьного опыта: невыполненные домашние задания, высмеивание недочетов, ошибок перед всем классом, личные оскорбления, приглашения родителей в школу и прочее. В 11% работ описаны ситуации, когда учитель в школе стучит головой ребенка об дверь, кидается мелом, книгой, в одном случае даже стулом, бьет указкой по рукам, чтоб красиво писал буквы. Ситуации в вузе: сессия, экзамены, подготовка к семинарам, выполнение общественной работы.

Заключение

Проведенное исследование показало, что будущие педагоги с таким явлением, как дидактогения, знакомы еще со школьной скамьи. Об этом свидетельствуют данные проведенного исследования: 43% респондентов испытывают достаточно высокую степень страха (5–8 баллов из 10) перед педагогами в вузе и 40% перед учителями в школе. Необдуманное слово, неосмотрительные действия педагога, завышенные требования и в целом авторитарный стиль общения с учениками могут спровоцировать развитие травмирующей психической реакции и у школьников, и даже у студентов вузов. Все это неблагоприятно отражается на психическом состоянии обучающегося, что, в свою очередь, оказывает влияние на его когнитивно-поведенческую сферу и приводит к ее деформации. Таким образом, результаты исследования подтверждают серьезность и значимость дидактогении как масштабной проблемы, требующей разработки профилактических мер по ее недопущению и искоренению.

Рассматривая проблему дидактогении в учебном процессе, в целях профилактики, разумно как преподавателям, так и учителям применять такие превентивные меры, как акцентирование на гуманистических методах с использованием личностно-ориентированного подхода, а для некоторых студентов и учеников – разработка индивидуальной образовательной траектории. Педагогам желательно стремиться к демократическому стилю общения – сотрудничеству с обучающимися. Важно привлекать подопечных к совместному обсуждению сложных вопросов, порождать условия для их творческой деятельности, чтобы по-

ведение обучающихся было эмоционально стабильным и адаптированным.

Список литературы

1. Платнов К.К. Краткий словарь психологических понятий: учебное пособие для заведений профтехобразования. М.: Высш. школа, 2015. 174 с.

2. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» // Российская газета – Федеральный выпуск № 303 (5976). [Электронный ресурс]. URL: https://rg.ru/2012/12/30/obrazovanie-dok.html (дата обращения: 10.05.2021).

3. Северный А.А., Иовчук Н.М. Психовегетативный симптомокомплекс в структуре «дидактогенной» депрессии // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016. Т. 116. № 4–2. С. 37–43.

4. Реестр примерных основных образовательных программ высшего образования / Министерство науки и высшего образования российской федерации. Науки об обществе. 37.00.00 Психологические науки. [Электронный ресурс]. URL: http://xn--n1aabc.xn--p1ai/projects (дата обращения: 10.05.2021).

5. Платонов К.И. Слово как физиологический и лечебный фактор. Л., 1956. 381 с.

6. Блейхер В.М., Крук И.В. Толковый словарь психиатрических терминов / Под ред. С.Н. Бокова В 2-х т. Ростов н/Д.: «Феникс», 2017. 448 с.

7. Ковалев В.В. Психиатрия детского возраста: руководство для врачей. М.: Книга по Требованию, 2016. 608 с.

8. Карвасарский Б.Д. Неврозы. Руководство для врачей. М., 2018. 576 с.

9. Амонашвили Ш.А., Закариева Д.Ш. Размышления о гуманной педагогике // Успехи современной науки. 2016. Т. 1. № 4. С. 65–66.

10. Пидкасистый П.И. Педагогика: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Издательство Юрайт, 2019. 408 с.

11. Ложкина Л.И. Воздействие на ученика авторитарной системы обучения: дайджест // Психология обучения. 2005. № 1. С. 31–34.

УДК 379.831

СПЕЦИФИКА ВОЛОНТЕРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЕКТАХ КУЛЬТУРЫ

Олешкевич К.И., Бжания М.З.

ФГБОУ ВО «Московский государственный институт культуры», Москва, e-mail: oleshkevich-k@yandex.ru, bzhaniya.nana@mail.ru

В статье исследуется волонтерская деятельность в проектах культуры. Авторы начинают свое исследование с этимологии понятия «волонтер» и далее переходят к современному пониманию и развитию института волонтеров. Проведена глубокая теоретическая проработка литературных источников, рассмотрены современные работы авторов, посвященные теме исследования, изучены реальные кейсы. Исследуется деятельность волонтеров в учреждениях культуры, начиная с Российской государственной библиотеки и заканчивая современными музеями. Также затронуты современные типы волонтерской работы, такие как «виртуальное волонтерство» и «краудсорсинг» на примерах электронной энциклопедии «Википедия», организации «InnoCentive» и японской компании «Muji». Рассмотрен успешный зарубежный опыт применения работы волонтеров в учреждениях культуры и их новые формы взаимодействия на примере организации RockCorps, которая преобразовала идею волонтерства в удивительный феномен, который с успехом реализуется в других странах и набирает популярность во всем мире. Выявлены специфика и особенности различных типов волонтерства и их применимость в учреждениях культуры. В данном исследовании показано, насколько значимую роль играет волонтерская деятельность в деятельности учреждений культуры, как по привлечению посетителей, так и по функционированию самих учреждений культуры и их проектов.

Ключевые слова: культура, волонтеры, учреждения культуры, культурное волонтерство, краудсорсинг, виртуальное волонтерство

SPECIFICS OF VOLUNTEER ACTIVITY IN CULTURAL PROJECTS

Oleshkevich K.I., Bzhaniya M.Z.

Moscow State Institute of Culture, Moscow, e-mail: oleshkevich-k@yandex.ru, bzhaniya.nana@mail.ru

The article examines the volunteer activity in cultural projects. The authors begin their research with the etymology of the concept of «volunteer» and then move on to the modern understanding and development of the institute of volunteers. A deep theoretical study of the literature sources is carried out, modern works of the authors devoted to the research topic are considered and studied real cases. The article examines the activities of volunteers in cultural institutions ranging from the Russian State Library to modern museums. Modern types of volunteer work, such as «virtual volunteering» and «crowdsourcing» are also discussed, using the examples of the electronic encyclopedia «Wikipedia», the organization «InnoCentive» and the Japanese company «Muji». The article considers the successful foreign experience of applying the work of volunteers in cultural institutions and their new forms of interaction on the example of the organization «RockCorps», which transformed the idea of volunteering into an amazing phenomenon that is being successfully implemented in other countries and is gaining popularity all over the world. The specifics and features of various types of volunteering and their applicability in cultural institutions are revealed. This study shows how important the role of volunteer activity is in the activities of cultural institutions, both in attracting visitors and in the functioning of cultural institutions themselves and their projects.

Keywords: culture, volunteers, cultural institutions, cultural volunteering, crowdsourcing, virtual volunteering

На сегодняшний день средства массовой информации в России и мире все чаще сообщают о деятельности отдельных лиц или организаций, оказывающих помощь на основе безвозмездности и добровольности. Масштабы этого явления трудно переоценить, а название его активно используется на разных уровнях: от рядовых граждан до представителей высших ступеней власти. Речь идет о социальном движении волонтеров, ведь за каждым официальным и неофициальным сообщением об их деятельности стоит понимание важности такой работы и безусловное признание [1, с. 107]. Социальный феномен, о котором идет речь, постепенно превращается в институт со своими ролями, статусами, правилами и нормами, регулирующими социальное взаимодействие.

В работах таких отечественных ученых, как Е.В. Великанова, А.Д. Жарков, А.А. Жаркова, раскрыты некоторые аспекты деятельности волонтеров. Технологии привлечения и подготовки молодежи к волонтерской деятельности описаны в исследованиях Е.И. Холостовой, Е.С. Григорьевой. Участие и помощь волонтеров в культурно-образовательных проектах проанализированы в работах Г.В. Олениной, О.Г. Белинской.

Целью статьи является анализ происхождения понятия «волонтер», его понимание различными учеными; исследование происхождения этого явления в мире; выявление новых типов волонтерства, а также обозначение специфики волонтерской деятельности в сфере культуры.

Исследование волонтерства как явления современной реальности представляет-

ся целесообразным начать с исторической справки и этимологии понятия. Различные ученые, говоря о происхождении слова «волонтер», апеллируют к французскому (volonte – воля, желание [2]) или латинскому языку (лат. Voluntaries – доброволец): волонтер – физическое лицо, добровольно осуществляющее благотворительную, неприбыльную и мотивированную деятельность, которая имеет общественно полезный характер [1, с. 110]. Если учесть, что в французском языке слово стало использоваться с 1606 г. и означало людей, которые добровольно стали солдатами, и тех, кто служил в различных подразделениях [3, с. 133], то можно предположить его древнее происхождение с латинского.

Термины «волонтер» и «волонтерство» часто отождествляют с понятием «доброволец». Проанализировав научные источники, мы видим, что такое отождествление имеется в работах многих исследователей: волонтер (уст.) – тот, кто встал на военную или иную государственную службу по собственному желанию, доброволец. Волонтерство в международном праве – участие добровольцев – иностранных граждан в военных действиях на стороне жертв агрессии или народа, ведущего вооруженную борьбу за свободу и независимость против иностранного гнета. Доброволец – тот, кто вступает в армию по собственному желанию, добровольно, тот, кто с собственной воле берется за выполнение каких-либо обязанностей, какой-то работы; волонтер.

Ученые в своих научных трудах по социальной работе и социальной педагогике предлагают следующие определения: волонтерство – добровольная работа на основе неприбыльной деятельности, без заработной платы, без продвижения по службе; направлена на благополучие и процветание сообществ и общества в целом. Волонтерство – элемент личностного развития, приобретения новых знаний и навыков, совершенствование способностей, стимулирование инициативы и творчества [2]. Волонтер – физическое лицо, добровольно осуществляет благотворительную, неприбыльную и мотивированную деятельность, имеет общественно полезный характер [4, с. 147]. Волонтерская деятельность – это совокупность моральных представлений и действий по оказанию помощи обездоленным: нищим, инвалидам, лицам, оказавшимся в тяжелом, бедственном положении, которое они сами изменить не могут [5]. Таким образом, волонтерство – это неформальная неоплачиваемая деятельность, направленная на общественно полезную работу в государственных и коммерческих организациях.

После определения сущности понятий «волонтерство» и «волонтер» следует углубиться в суть понятия «культурное волонтерство» или «волонтерство в сфере культуры». К ярким признакам культурного волонтерства стоит отнести его процессуальный характер, направленность на развитие личности и приобщение к культуре, а также реализацию данной деятельности в свободное время. А.П. Метелев рассматривает определение культурного волонтерства как добровольческие инициативы, направленные на развитие культурных пространств, работу в культурных учреждениях или помощь на городских площадках, фестивалях и праздниках [6].

Благодаря социально активной аудитории учреждений культуры, именно культурные проекты одни из первых ощутили мощный потенциал волонтерской деятельности. Так, с 1996 г. Государственный Эрмитаж успешно привлекает к реализации своих проектов волонтеров. Основные задачи, которые выполняют волонтеры в рамках данного учреждения культуры, следующие: прием посетителей, оказание помощи в проведении научно-исследовательских работ, переводы информационных материалов, помощь в ведении документации и подготовке публикаций, секретарская и курьерская работа, разработка и реализация дизайн-проектов, участие в международных образовательных программах, семинарах и конференциях и помощь в их организации, а также помощь в транспортировке объектов и проведении выставок, театрализованных и концертных мероприятий.

Культурных волонтеров А.П. Метелев называет арт-волонтерами (с англ. «art» – искусство). Арт-волонтерство появилось в конце 2014 г., а в 2015 активно начало набирать обороты. Причиной этому послужили многочисленные культурные события, напрямую связанные с культурой, за последние 5 лет (например, год культуры в России (2014 г.), год литературы в России (2015 г.), год российского кинематографа (2016 г.) и т.д. [6].

В 2018 г. Российская государственная библиотека для молодежи совместно с Ассоциацией волонтерских центров организовала конкурс «Лучший реализованный волонтерский проект в библиотеке». В конкурсе принимали участие 365 библиотек из разных регионов России. Были представлены разнообразные проекты: школы волонтеров, добровольческие центры, экодесанты, квартирники, коворкинг-центры, интеллектуальные и культурно-досуговые клубы, молодежные читательские советы, акции, «уличные» библиотеки, квесты, библиопик-

ники, игротеки, воркшопы, велобиблиопробеги, библиосплавы и многое другое [6].

Примером создания волонтерского объединения может служить Центральная городская детская библиотека им. Ленина г. Ростова-на-Дону, Центральная детская библиотека им. А.С. Пушкина г. Сарова, Центральная городская молодежная библиотека им. М.А. Светлова г. Москвы, где волонтеры выдают книги читателям либо участвуют во внестационарном обслуживании определенных категорий читателей, участвуют в проведении культурно-досуговых, просветительских мероприятий для детей и их родителей, снимают клипы, буктрейлеры, выступают в качестве ведущих, членов жюри конкурсов [7].

Музеи также вышли за рамки обычного классического экспонирования музейных предметов на своей площади: обычно есть еще образовательные программы, мастер-классы, кинопоказы, лектории. Современный музей – это многофункциональный культурный центр, где вокруг коллекции, того или иного направления, на котором музей специализируется, создаются дополнительные необходимые активности [6]. Примером таких музеев являются Государственный Эрмитаж (200 постоянных волонтеров), музей «Царицыно» (70 постоянных волонтеров), Екатеринбургский музей изобразительных искусств (50 постоянных волонтеров), Государственный музей истории ГУЛАГа (170 постоянных волонтеров), музей современного искусства PERMM (200 постоянных волонтеров), где волонтеры предоставляют свою помощь на выставках, в навигации и консультировании посетителей музея, в переводе иностранным посетителям, а также в ассистировании фото- и видеосъемок [8].

Парки культуры и отдыха также активно привлекают добровольцев для участия в своих проектах. Волонтеры контролируют поведение посетителей в части нахождения в зеленых насаждениях (посадках деревьев и кустарниках) и на зеленом напочвенном покрове (газоне, посадках многолетних трав), оказывают помощь в уходе за садами и ландшафтами парка, принимают участие в организации и проведении мероприятий парка [9, с. 292].

На сайте «Добровольцы России» сегодня зарегистрировано более 500 библиотек, музеев, зоопарков и других организаций, которые привлекают добровольцев через единую информационную систему [6].

На сегодняшний день сложно найти мероприятие в сфере культуры, которое не привлекает волонтеров. Как правило, участие добровольцев не предусматривает финансовые затраты, однако в некоторых проектах можно использовать финансовое стимулирование, и эти вложения как правило приносят больший эффект.

Назовем основные задачи, которые часто ставятся перед волонтерами на проекте: встреча зрителей, участников; проверка билетов, регистрация гостей; помощь зрителям в навигации на площадке; отслеживание тайминга мероприятия; раздача сувенирной и рекламной продукции; оперативная уборка на локациях; контроль рассадки в зале зрителей и участников; создание позитивного настроения на площадке.

Организация работы волонтеров в проектах культуры требует специальных знаний от менеджера проекта. При правильной организации ценность работы, проделанной волонтерами, может намного превышать затраты на управление ими. При подготовке волонтеров к проекту следует обратить внимание на ряд особенностей, которые возникают при работе с ними. Во-первых, накануне мероприятия необходимо организовать встречу с волонтерами на площадке, чтобы донести до них всю важную информацию по проекту, включая идею и концепцию, изучить локацию и обсудить форс-мажорные ситуации. Во-вторых, составляется иерархия подчинения, кто из менеджеров проекта отвечает за те или иные вопросы, а значит, волонтеры должны знать имена и телефоны своих «кураторов». В-третьих, важно обеспечить всех волонтеров общим сценарием и таймингом мероприятия. Каждый член команды должен четко ориентироваться в программе и быть готовым ответить зрителю на любой вопрос. В-четвертых, нужно предусмотреть идентификацию помощников. Изготовить корпоративный элемент внешнего вида, который будет отличать волонтера от любого другого участника проекта – бейджи, футболки, кепки, значки и т.д. В-пятых, проработать и обязательно проверить скрипты, если волонтеры должны произносить определенную информацию. И конечно, после мероприятия важно поблагодарить помощников и, по возможности, подарить подарки [10]. Найти волонтеров можно среди друзей, аудитории вашего проекта (учреждения), студентов или профессиональных сообществ. Как правило, основные проблемы волонтеров – отсутствие практического опыта, недостаточная психологическая грамотность, недостаточная психическая устойчивость, незнание некоторых специальных приемов и методов работы. Поэтому их деятельность должна быть сугубо конкретной, с четко поставленными задачами и ясными целями [11, с. 617].

Продолжая исследование, нельзя не упомянуть про такое направление деятельности, как «виртуальное волонтерство». Это относительно новый тип волонтерства, которое осуществляется дистанционно с помощью интернета. В таком виде добровольцы выполняют ту или иную работу при помощи любого устройства, подключенного к интернету. Среди известных проектов виртуального волонтерства можно выделить следующие: исследовательские проекты; создание сайтов и страниц; разработка приложений; обновление электронных ресурсов; перевод документов; создание баз данных, иллюстраций; общественная журналистика и др.

В России виртуальное волонтерство в настоящее время активно развивается. Например, стоит отметить кампанию «Карта помощи». На специальном сайте собирается информация о пострадавших во время ЧС, а также о точках сбора помощи. Также там можно отслеживать различные правонарушения в области окружающей среды и экологии. Также стоит отметить платформу для создания петиций «Change.org». Успешные общественные проекты привлекли миллионы людей к участию в решении гражданских проблем.

В процессе глобализации волонтерство также получило свой импульс развития и уже сформировалось в отдельный тип «глобальной сети» по подобию краудфандинга – краудсорсинг. Такой тип волонтерства подразумевает привлечение любого человека на планете к решению проблем инновационной производственной деятельности. Этот термин был впервые введен в 2006 г. писателем Джеффом Хау и редактором Марком Робинсоном. Преимуществом такого подхода является доступ к талантам всего мира; меритократия; деление задачи на более мелкие; оперативное достижение результатов. Среди самых популярных краудсорсинговых проектов стоит отметить электронную энциклопедию «Википедия»; компания «InnoCentive», которая привлекает ученых со всего мира для решения задач конкретных компаний-заказчиков; японская компания «Muji», собирающая идеи для своих изделий среди своих клиентов [12].

В заключение стоит упомянуть уникальный опыт организации RockCorps, которая преобразовала идею волонтерства в удивительный феномен, который с успехом масштабируется в другие страны и набирает популярность во всем мире. Это компания, которая организует уникальные концерты звезд с правом эксклюзивного входа на мероприятие. Для того чтобы получить билет, необходимо принять участие в волонтерской работе сообщества. Благодаря такой модели было проведено более 50 концертов, в которых приняли участие 180 000 волонтеров. Это позволило создать более 700 000 рабочих часов на пользу 2 600 глобальных некоммерческих организаций в 10 странах мира. В этом проекте принимали участие такие артисты, как Rihanna, Lady Gaga, David Guetta, Kanye West, Snoop Dogg, Maroon 5 и многие другие.

Логотип организации RockCorps

RockCorps является некоммерческой организацией и сотрудничает с местными партнерами в каждой стране, создавая маркетинговую и коммуникационную платформу, сочетающую в себе развлечения и общественную работу. Такой подход позволяет развить широкий спектр жизненных навыков, таких как командная работа, лидерство, навыки межличностного общения, трудовая этика и др.

В настоящее время на кадровом рынке Москвы (а особенно регионов) остро стоит проблема нехватки специалистов, обладающих теоретическими и практическими навыками работы с волонтерами. Соблюдение современных технологий организации работы волонтерской деятельности в рамках проектов культуры является важнейшим фактором не только коммерческого успеха проекта, но и гарантией создания культурного продукта высочайшего качества [13, с. 4].

Анализируя мировой волонтерский опыт и опыт каждого участника в частности, можно предположить, что волонтерская деятельность в проектах культуры улучшает психическое и физическое благополучие человека, включая повышение чувства счастья, уверенности и целеустремленности. В настоящее время современные типы волонтерства позволяют принять участие в общественно полезной деятельности каждому человеку из любой точки мира. Проекты культуры все чаще реализуются в формате онлайн, и это дает возможность принять участие в организации проекта всем желающим, независимо от территориальной принадлежности. К сожалению, большое разнообразие волонтерских кампаний еще не наблюдается в России, однако российские учреждения культуры накопили достаточный опыт в сфере волонтерства.

Эта работа заключается уже не только в рутинных действиях, но и в создании креативных решений и идей.

Список литературы

1. Жаркова А.А. Парадигмальный подход к социально-культурной деятельности молодежи в современной ситуации // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. 2015. № 3 (65). С. 106–112.

2. Великанова Е.В. Мотивационные составляющие участников волонтерского/добровольческого движения // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2012. № 8.

3. Слабжанин Н.Ю. Мозаика российского добровольчества. Факты, ресурсы и мнения. [Электронный ресурс]. URL: http://saratovnko.ru/images/docs/slabzhanin.pdf (дата обращения: 22.06.2021).

4. Жарков А.Д. Государственная культурная политика – важнейшее условие функционирования социально-культурной деятельности // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. 2014. № 2 (58). С. 146–152.

5. Холостова Е.И. Социальная работа: учебное пособие. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2010. 800 с.

6. Метелев А.П. Сборник волонтерских практик в сфере культуры. [Электронный ресурс]. URL: https://edu.dobro.ru/upload/uf/f15/f1568fba6b5f17542744c0326752d00e.pdf (дата обращения: 22.06.2021).

7. Бойнякина Е.Н. Волонтерское движение в библиотеках России. [Электронный ресурс]. URL: https://www.fessl.ru/docs-downloads/NMO/Bojnyakshina_Volontyorskoe_dvizhenie.pdf (дата обращения: 22.06.2021).

8. Потанин В. Волонтеры в музее. [Электронный ресурс]. URL: https://www.fondpotanin.ru/upload/iblock/94d/94ddc728913e22fd5f78b173603207ef.pdf (дата обращения: 22.06.2021).

9. Оленина Г.В., Белинская О. Историко-концептуальные основы развития гражданских добровольческих инициатив молодежи в социально-культурном пространстве досуга и образования // Мир науки, культуры, образования. 2009. № 3. С. 291–294.

10. Румянцев Д., Франкель Н. Event-маркетинг. Все об организации и продвижении событий. СПб.: Питер, 2018. 320 с.

11. Григорьева Е.С. Волонтерская деятельность как одна из социальных технологий в работе с молодежью // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». [Электронный ресурс]. URL: https://scienceforum.ru/2018/article/2018002212 (дата обращения: 04.07.2021).

12. Хау Джефф. Краудсорсинг: коллективный разум как инструмент развития бизнеса: пер. с англ. М.: Альпина Паблишер, 2012. 287 с.

13. Олешкевич К.И. Теоретико-методологические основы продюсирования в шоу-бизнесе: учебное пособие. Московский государственный институт культуры. Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Бук», 2021. 296 с.

УДК 378:7.026

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ В СОЗДАНИИ МОДЕЛЕЙ ИГРОВЫХ МИНИАТЮР – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Пунчук М.А., Вознесенская Т.В.

ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, e-mail: klavier763@mail.ru, tasha249@gmail.com

В наше время 3D-печать стала доступна рядовому потребителю, перестав быть только инструментом компаний и их больших производств. Вместе с этим появляются новые направления спроса, в том числе и в сфере скульптурного искусства, цифровое развитие которого движется так же быстро, как и развитие 3D-печати. Данная статья освещает вопрос использования 3D-печати для создания игровых миниатюр, виды 3D-печати, преимущества и недостатки различных технологий изготовления 3D-моделей, используемых материалов, имеющихся на сегодняшний день, а также возможности этого сочетания в образовательном процессе. Игровые миниатюры – один из многогранных объектов скульптурного искусства, популярный не только у молодежи, но и во многих возрастных категориях, а многозадачность процесса изготовления, включающего в себя также необходимость вариативности и высокой детализации, позволяет изучить особенности тех или иных технологий и применять для развития у студентов многих компетенций. Несмотря на популярность и развитие моделирования для 3D-печати в игровой сфере, в сфере образования отмечается недостаточное количество преподаваемых часов для полноценного освоения данной технологии. Данное исследование изучает возможности применения методик обучения 3D-моделированию и сопутствующему программному обеспечению в рамках образовательного процесса направления «Дизайн».

Ключевые слова: дизайн, 3D-печать, миниатюры, FDM, SLA, 3D-моделирование, образовательный процесс

USE OF 3D PRINTING IN CREATING GAME MINIATURE MODELS: NEW TECHNOLOGIES AND PERSPECTIVES IN EDUCATIONAL PROCESS

Punchuk M.A., Voznesenskaya T.V.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: klavier763@mail.ru, tasha249@gmail.com

Nowadays, 3D printing has become available to the average consumer, having ceased to be only a tool for companies and their large industries. Along with this, new areas of demand are emerging, including in the field of sculptural art, the digital development of which is moving as fast as the development of 3D printing. This article covers the issue of using 3D printing to create game miniatures, the types of 3D printing, the advantages and disadvantages of various technologies for making 3D models, the materials used, available today, as well as the possibilities of this combination in the educational process. Play miniatures are one of the multifaceted objects of sculptural art, popular not only among young people, but also in many age categories, and the multitasking process of manufacturing, which also includes the need for variability and high detail, allows to study the features of certain technologies, and apply to develop many competencies in students. Despite the popularity and development of modeling for 3D printing in the gaming field, in the field of education, there is an insufficient number of hours taught to fully master this technology. This study explores the possibilities of applying teaching methods of 3D modeling and related software within the educational process of the «Design» direction.

Keywords: design, 3D printing, miniatures, FDM, SLA, 3D modeling, educational process

С развитием технологий возможности человека расширяются – это касается и скульптуры, которая в современности принимает новые формы, переходя в цифровое пространство. Вместе с тем появляется новый растущий спрос ввиду увеличивающейся доступности. Если раньше коллекционные миниатюры и фигурки были доступны потребителю только в качестве физического товара, производимого определенными компаниями, то современные тенденции сделали 3D-печать масштабным инструментом, позволяющим потребителю создавать миниатюры буквально у себя дома. Человеку даже необязательно иметь знания и умения в сфере 3D-моделирования, чтобы изготовить модель. Ведь растет рынок 3D-моделей, созданных и подготовленных специально для 3D-печати. За счет развития технологий 3D-печать становится более качественной, а главное, более дешевой, что послужило широкому распространению появившихся бюджетных 3D-принтеров. И хотя все ещё не каждый потребитель способен позволить себе даже такие модели 3D-принтеров, предложение со стороны предпринимателей также растет – открывая возможности для печати на заказ, ставшей ощутимо дешевле за последние годы. 3D-печать художественных изделий, в частности миниатюр, соединяет в себе множество отраслей искусства, являясь растущим и востребованным направлением – такие задатки создают в свою очередь спрос на обучение. Это позволяет рассмотреть 3D-печать как важный элемент

в обучающем процессе художественных направлений подготовки.

Цель исследования: выявить актуальные способы применения 3D-печати в создании миниатюр и определить возможности для применения этой деятельности в образовательном процессе.

Задачи исследования:

– изучить имеющиеся способы применения 3D-печати в создании миниатюр;

– провести сравнительный анализ наиболее популярных технологий и определить наиболее подходящую для создания миниатюру;

– с помощью опроса узнать, какую технологию в вопросе создания миниатюр предпочитают люди и почему;

– проанализировать возможности 3D-печати и её использования для создания миниатюр для образовательного процесса.

Для выполнения задач были применены анализ, опрос, синтез и индукция. Объектом исследования является 3D-печать. Предметом данного исследования является использование 3D-печати в создании миниатюр и применение в образовательном процессе.

Основные технологии 3D-печати для миниатюр

На сегодняшний день можно выделить две технологии 3D-печати, которые являются наиболее популярными в сфере скульптурного искусства – это FDM и SLA. Основной задачей, рассматриваемой в данной работе, является печать миниатюр, которые зачастую имеют небольшой масштаб и, соответственно, высокую детализацию и мелкие элементы. Для того, чтобы выявить, какой вариант изготовления миниатюр с помощью 3D-печати является оптимальным, необходимо провести сравнительный анализ названных выше технологий 3D-печати. Для начала нужно обозначить, что представляет собой каждая из представленных технологий 3D-печати. Технология FDM (англ. Fused Deposition Modeling) – послойное выращивание изделия из предварительно расплавленной пластиковой нити, которая выступает материалом для печати (рис. 1).

Технология SLA (англ. Stereolithography) – послойное отверждение жидкого материала, которым выступает фотополимер, под действием УФ-излучения электромагнитного диапазона (рис. 2).

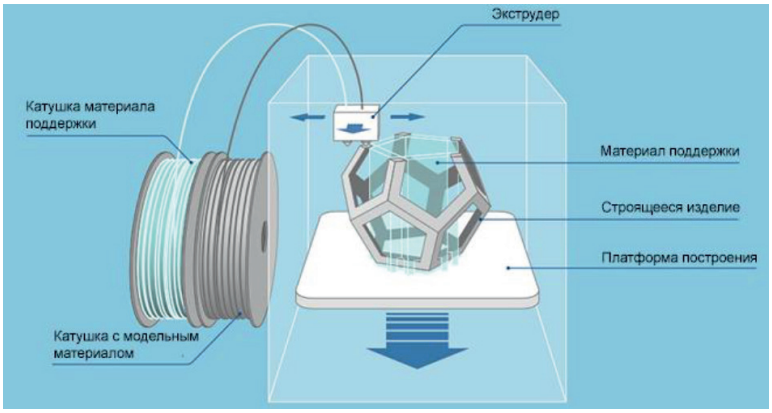


Рис. 1. Принцип работы технологии 3D-печати FDM [1]

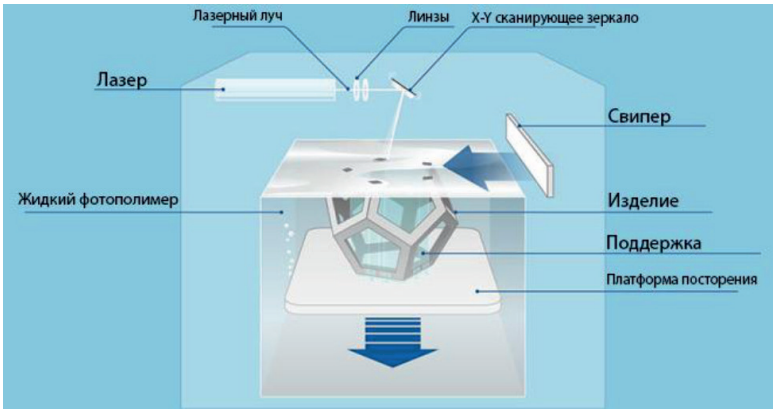


Рис. 2. Принцип работы технологии 3D-печати SLA [2]

Критерии, по которым будут сравниваться технологии, включают в себя: точность и качество печати, скорость печати, объем печати, используемые материалы, рабочий процесс и удобство использования, затраты на процесс изготовления.

Точность и качество печати. FDM имеет невысокую точность печати даже в случае 3D-принтеров, выходящих за пределы бюджетного сектора. Точность печати во многом зависит от толщины печатного слоя, который в случае бюджетных FDM 3D-принтеров в основном имеет значение в диапазоне от 0,1 до 0,4 мм. Важной деталью также является то, что поверхность изготавливаемых объектов обычно слегка ребристая (ступенчатая – в пределах 0,1–1 мм). SLA имеет высокую точность печати, которая позволяет реализовать объект любой сложности. У бюджетных SLA 3D-принтеров толщина печатного слоя находится в диапазоне от 0,01 до 0,3 мм. Поверхность изготавливаемых изделий ровная, не ребристая (рис. 3). Использование света вместо тепла является важной деталью этой технологии 3D-печати, так как изделия печатаются при температуре, близкой к комнатной, что исключает искажения от теплового расширения и сжатия. В том, что касается точности печати, SLA имеет несомненное преимущество. Такое различие исходит из принципа работы технологий, но главное – из используемых материалов. Ребристость объектов, изготовленных с помощью технологии FDM, обусловлена тем, что расплавленная нить имеет округлую форму, из-за чего изделия, которые будут иметь равную толщину слоя, будут иметь совсем разное качество, будучи изготовленными с помощью FDM и SLA. Фотополимер, используемый в SLA, жидкий и принимает необходимую форму в процессе отвердевания. Не просто так SLA имеет широкое применение во многих сферах, которые требовательны к высокой точности изготавливаемых объектов, например в стоматологии или ювелирном деле. Это и привлекло внимание производителей и потребителей в области изготовления миниатюр. Фотополимерная 3D-печать вывела производство миниатюр на новый уровень, нередко являясь заменой вакуумному литью. И хотя FDM в вопросе точности печати не может реализовывать миниатюры небольшого масштаба так же хорошо, как SLA, эта технология все же может относительно успешно применяться в изготовлении миниатюр большого масштаба или миниатюр малой сложности строения, например с простыми геометрическими формами. Также важно отметить то, что эти технологии имеют разные характеры связывания слоев – FDM создает механическую связь, а SLA – химическую. Именно химическая связь позволяет создавать с помощью SLA плотные, водонепроницаемые и воздухонепроницаемые модели [3].

Рис. 3. SLA печать и FDM печать с толщиной печатного слоя в 0,1 мм [4]

Скорость печати. FDM имеет скорость печати ~70–100 мм/с в бюджетном секторе. SLA имеет скорость печати ~50 мм/ч в бюджетном секторе. Несмотря на цифровые показатели, фактическая скорость печати этих технологий примерно равна. При одинаковой толщине печатного слоя время печати и у FDM, и у SLA может быть сопоставимым, хотя SLA может справляться быстрее. При этом FDM требуется уменьшать толщину слоя, чтобы добиться хотя бы условно сопоставимого качества, что может увеличить время печати в два-четыре раза. При печати маленьких деталей FDM в среднем справляется за 150–340 мин, средних деталей за 420–1275 мин, нескольких деталей одновременно (на примере 21 детали) – за 690–1710 мин (~33–81 мин на деталь). При печати маленьких деталей SLA в среднем справляется за 75–350 мин, средних деталей за 150–660 мин, нескольких деталей одновременно (на примере 12 деталей) – за 90–420 мин (~7,5–35 мин на деталь) [5].

Объем печати. Бюджетные FDM 3D-принтеры способны реализовать объем до 200×200×300 мм. Бюджетные SLA 3D-принтеры способны реализовать объем до 120×70×180 мм. Несмотря на то, что FDM имеет преимущество

по возможности в изготовлении больших деталей, в вопросе печати миниатюр это не имеет значения, потому что даже миниатюры большого масштаба можно напечатать, разделив на детали, для чего хватит области печати SLA 3D-принтеров.

Используемые материалы. FDM 3D-принтеры используют в качестве материала ряд стандартных термопластиковых нитей, таких как АБС-пластик, ПЛА и их различные смеси. И хотя FDM также доступны и многие инженерные материалы, в изготовлении миниатюр наиболее популярными остаются АБС и ПЛА, и разнообразие материалов не имеет большого значения для печати миниатюр – их механических свойств, прочности и износостойкости достаточно для такой задачи. SLA 3D-принтеры используют в качестве материала фотополимеры, которые имеют широкий спектр составов, предлагающих разнообразие характеристик: они могут быть мягкими или твердыми, отличаться специальными механическими, оптическими и термическими свойствами, например высокой температурой изгиба под нагрузкой, ударопрочностью, прозрачностью, эластичностью. Такое разнообразие возможных свойств находит применение и в печати миниатюр – например, когда нужно создать прозрачные части модели, что в случае бюджетных 3D-принтеров может позволить себе только SLA, или сделать модель немного эластичной для лучшей сохранности тонких элементов. Но даже стандартных фотополимеров достаточно для печати миниатюр, так как развитие этой технологии смогло добиться хорошей прочности изделий, хоть и не такой высокой, как у FDM. Единственным недостатком фотополимеров является то, что они чувствительны к длительному воздействию УФ-излучения – это выражается в ухудшении механических свойств и внешнего вида изделий, что обязывает к соответствующей эксплуатации и хранению для сохранения долговечности изделий [3].

Рабочий процесс и удобство использования. Процесс печати и в случае FDM, и в случае SLA состоит из трех этапов: проектирование, 3D-печать и постобработка. Первые два этапа по содержанию не отличаются для этих технологий: необходимая 3D-модель подготавливается к печати, производится настройка принтера и, соответственно, сама печать. Бюджетные 3D-принтеры не так удобны в использовании, как профессиональные, порой требуя от пользователя подбора подходящих параметров печати с помощью экспериментов, но их важным преимуществом является именно доступность по многим параметрам. Тем не менее большинство 3D-принтеров способны выполнять процесс 3D-печати без оператора до завершения изготовления модели. Все описанное является справедливым как для FDM, так и для SLA 3D-принтеров. Различия этих технологий в рабочем процессе заключаются в последнем этапе – постобработке. Постобработка изделий, созданных с помощью FDM, включает в себя удаление поддерживающих конструкций и, что важно в вопросе изготовления миниатюр даже при условии простых форм, доведение модели до необходимого уровня гладкости. Несмотря на то, что постобработка при FDM не требует каких-то специальных процедур для завершения изготовления модели, шлифовка поверхности изделий может быть очень трудоемкой, а в случае миниатюр небольшого масштаба порой даже невозможной полноценно. Постобработка изделий, созданных с помощью технологии SLA, включает в себя промывку в специальном составе (обычно изопропиловый спирт) для удаления остатков фотополимера, финальную полимеризацию (дополнительное освещение УФ-лучами, обычно с помощью специальных приборов) для достижения максимально возможной прочности и стабильности и удаление поддерживающих конструкций. И хотя в случае бюджетных принтеров все этапы постобработки выполняет оператор, их трудоемкость намного меньше, чем при ручной постобработке изделий, созданных с помощью FDM [3].

Затраты на процесс изготовления. Одним из основных преимуществ FDM 3D-принтеров является низкая стоимость самих устройств. Бюджетные FDM 3D-принтеры доступны от 15000 руб. Материалы для FDM имеют низкую стоимость – АБС-пластик доступен от 1000 руб. за 1 кг, а ПЛА-пластик – от 1500 руб. за 1 кг. Трудозатраты при использовании технологии FDM могут сильно увеличиваться из-за необходимости реализации высокого качества поверхности, так как для этого требуется длительная ручная постобработка. Бюджетные SLA 3D-принтеры имеют более высокую стоимость: они доступны от 22000 руб. Стоимость оборудования также повышает необходимость наличия прибора ультрафиолетового излучения для дополнительного освещения готовых изделий – подобные аппараты доступны от 2500 руб. Материалы для SLA имеют достаточно высокую стоимость – стандартные фотополимерные смолы доступны от 5500 руб. за 1 л.

Оценка критериев сравнительного анализа технологий 3D-печати FDM и SLA		
	FDM	FDM
Точность и качество печати	★★☆☆☆	★★★★★
Скорость печати	★★★★★	★★★★★
Объем печати	★★★★★	★★★★☆
Рабочий процесс и удобство использования	★★★★★	★★★★★
Постобработка	★★★☆☆	★★★★☆
Эффективность материалов	★★★★☆	★★★★★
Затраты	★★★★★	★★★★☆
Материалы	★★★★☆	★★★★★
Область печати	★★★★★	★★★★☆

Дополнительные материалы для промывки моделей – изопропиловый спирт доступен от 500 руб. за 1 л. Трудозатраты при использовании технологии SLA довольно низкие, так как требуют минимальных ручных усилий – в них входит промывка готовых моделей, помещение их на финальную полимеризацию и простое удаление поддержек.

Для наглядности результатов сравнительного анализа была составлена таблица с оценкой критериев по каждой из рассматриваемых технологий (таблица). Оценка критериев была составлена на основе главной задачи для печати – изготовлении миниатюр.

Рис. 4. Миниатюра, изготовленная с помощью SLA (слева) и FDM (справа)

Можно с уверенностью сказать, что из-за своей точности фотополимерная 3D-печать является наиболее оптимальной для создания миниатюр, которые зачастую создаются в небольшом масштабе и имеют сложное построение, с необходимостью сохранить все мелкие детали (рис. 4). И хотя SLA более дорогостоящая технология, её результаты недостижимы для FDM, а потому в данном вопросе этот критерий является решающим, даже без учета того, что SLA имеет другие преимущества перед FDM.

Для дополнительного сбора данных был проведен опрос-анкетирование среди пользователей, использующих 3D-печать для создания миниатюр. Итоги опроса также показывают выигрышную позицию SLA по сравнению с FDM. На вопрос «Какая технология, на ваш взгляд, наиболее подходит для создания миниатюр разных масштабов?» 87% респондентов сделали выбор в пользу SLA, 8% проголосовали за FDM и 5% опрошенных затруднились с ответом. Проголосовавшим за каждую из технологий предлагалось отметить причину своего выбора. На вопрос «По какой причине SLA подходит больше?» в 100% ответов респонденты отмечали высокое качество печати, в 71% ответов легкость постобработки, в 63% ответов возможности материалов, в 38% ответов низкую степень материальных издержек (остатки на готовой модели, поддержки), в 29% ответов снижение затрат в сравнении с прошлым, а также в 23% ответов указывали на возможности использования фотополимерной печати для создания мастер-моделей для последующего вакуумного литья из пластика. На вопрос «По какой причине FDM подходит больше?» в 93% ответов респонденты отмечали дешевизну оборудования и материалов, в 67% ответов прочность изделий, в 49% ответов скорость печати, в 33% ответов простоту использования этой технологии (рис. 5).

Таким образом, можно увидеть, что фактическое представление потребителей о данных технологиях соответствует результатам сравнительного анализа, а SLA является более востребованной в вопросе создания миниатюр. Это обуславливается теми возможностями, которые позволяет реализовать эта технология в отличие от FDM.

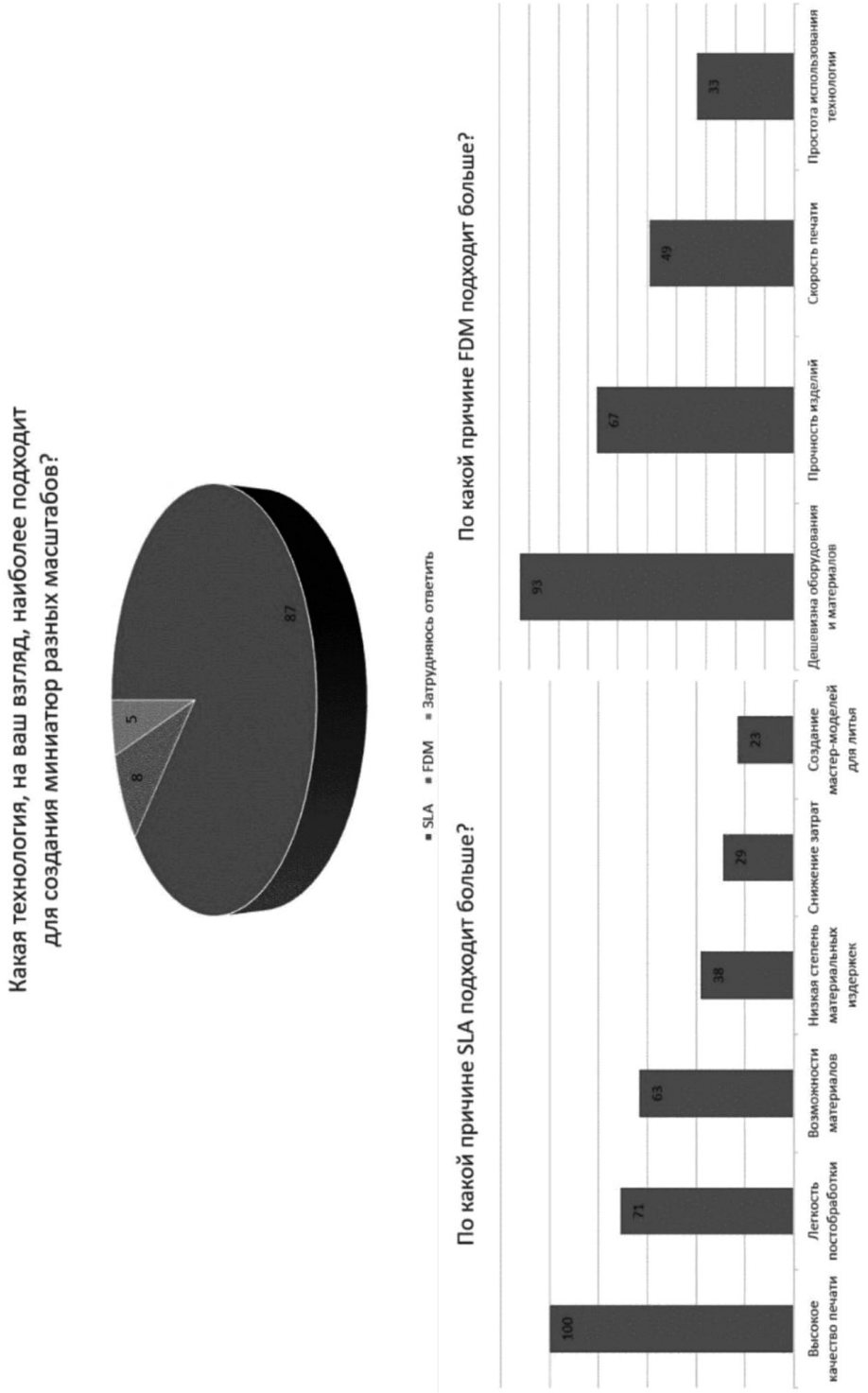


Рис. 5. Результаты опроса

Возможность использования методики в образовательном процессе

3D-печать – это быстрый способ прототипирования объектов без использования ручного труда. 3D-технологии привносят много возможностей в процесс изготовления, что касается и образовательного процесса – работы над учебными проектами студентов. Работа с цифровыми технологиями облегчает процесс выполнения индивидуальных заказов, что не является редкостью в сфере изготовления различных художественных объектов, в частности миниатюр. При рассмотрении возможностей 3D-печати в образовательном процессе можно выделить несколько этапов. На первом этапе проектирования, при эскизировании, студенту предлагается продумать уровень сложности объекта – составной или простой, окрашенный или монохромный, каким образом детали модели будут взаимодействовать. На втором этапе – важной становится работа над конструктивной частью модели, что потребует от студента четкого объемно-пространственного видения, понимания структуры объекта и возможностей взаимодействия, способов крепежа различных деталей модели. Это ставит перед студентом задачу конструировать узлы, о которых он мог и не задумываться на стадии разработки образа модели. 3Д- моделирование в специальных компьютерных программах потребует достаточного высокого уровня знания этих программ, чтобы задача стала выполнимой. Наконец, выход на печать продемонстрирует студенту, насколько он справился с проектированием своего объекта, и позволит увидеть, соответствует ли реализованный объект его первоначальной задумке. К этому стоит добавить навык работы с техникой, ее особенностями, поломками, обслуживанием и прочими техническими моментами. Таким образом, на одной практической работе приобретается и выявляется целый комплекс навыков более эффективно, чем изучение теоретических материалов. Это позволяет в рамках одного задания выявить несколько ступеней оценки работы студента и, возможно, проводить обучение со смежными дисциплинами по единому плану или заданию. В случае художественных направлений подготовки, например, промышленных дизайнеров, вопрос прототипирования особенно актуален.

В образовании дизайнеров 3D-моделирование уже давно используется для различных задач, и 3D-печать позволяет привнести много новшеств, обеспечить студентам более широкий спектр компетенций, дает возможность изготавливать различные объекты по собственным чертежам и эскизам: от ручки до различной мебели и макетов интерьеров, от аксессуаров и коллекций одежды до сувениров и скульптур. Процесс создания миниатюр и подобных им художественных объектов может стать очень важной составляющей процесса обучения на таких направлениях подготовки, как цифровой дизайн и графический дизайн. Создание миниатюр объединяет в себе много видов деятельности: создание концепт-артов, работа с различными образами (например, персонажи или неживые объекты окружения), 3D-моделирование и непосредственно 3D-печать. Все эти задачи многослойны и являются хорошей базой для получения практического опыта по достаточно востребованным направлениям в сферах создания различного художественного контента. Также работа с 3D-печатью позволяет лучше понимать форму, конструкцию и построение объектов, что принесет студентам пользу вне зависимости от необходимого для изготовления объекта. С помощью 3D-технологий изготовления макетов своих проектов может стать намного более увлекательным занятием для дизайнеров – студенты смогут тратить творческую энергию на разработку и продумывание идей, тогда как воплощением в реальность физической модели будет занят 3D-принтер. Преимущество включения 3D-печати в процесс обучения, которое является справедливым не только для художественных направлений обучения – это улучшение наглядности, повышение объема практической работы и соответствующее этому лучшее усвоение изучаемого материала. Какой бы способ восприятия теоретической информации ни был легче для определенного человека, практическое обучение будет лучшим способом закрепить это. Оно не просто так имеет огромное значение для глубокого понимания и усвоения материала в обучении чему угодно. 3D-печать дает множество возможностей для практики, особенно когда процесс можно производить прямо на месте обучения. Создание объектов для последующей печати на 3D-принтере основательно занимает студентов, которые на выходе смогут получить свой собственный прототип условного продукта. К тому же, если учебное заведение будет иметь в своем распоряжении такие инструменты, как 3D-принтеры, то это даёт определенные преимущества даже в тех случаях, когда 3D-печать не задействуется непосредственно студентами: появляется возможность создавать необходимые учебному заведению макеты, детали или наглядные пособия в собственных лабораториях. Все это позволяет также

увеличивать объемы проектной деятельности студентов в стенах учебного заведения, а вместе с этим расширять и научную деятельность. Включение 3D-печати в образовательный процесс, бесспорно, имеет большие выгоды, особенно для художественных направлений подготовки: и студенты, и преподаватели получают новые возможности в реализации своей деятельности – первые смогут лучше осуществлять свое обучение на практике, создавая макеты своих проектов, воплощая свои творческие идеи; вторые смогут улучшить подачу учебного материала, создавая вспомогательные работы в физическом виде.

Заключение

3D-печать – это перспективный и мощный инструмент с большим будущим в образовательном процессе. И чем раньше он будет встроен в привычный процесс обучения, тем больше возможностей откроется перед учебными заведениями и их студентами. 3D-печать повлияла на многие сферы деятельности, продолжая успешно применяться и развиваться. Так и в случае с обучающим процессом, где этот инструмент пока рассматривается лишь как вспомогательный, 3D-печать в будущем точно станет важной частью, неизбежно влияя на сферу обучения. Несмотря на явную целесообразность применения 3D-печати для художественных направлений подготовки, этот инструмент может стать полезным практически в любой области обучения. Создание миниатюр, в свою очередь, лишь один из немногих способов использования этой многообещающей технологии для художественных направлений подготовки. На их примере показательно то, что для создания чистовых макетов художественных изделий технология 3D-печати SLA будет наиболее подходящей.

Список литературы

1. Технология 3D-печати FDM (Fused Deposition Modeling) // Globaltek.3D. [Электронный ресурс]. URL: https://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/fdm (дата обращения: 24.06.2021).

2. SLA (лазерная стереолитография) – технология 3D-печати // Globaltek.3D. [Электронный ресурс]. URL: https://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/sla (дата обращения: 24.06.2021).

3. С каким качеством могут печатать 3D-принтеры? // 3DPT. [Электронный ресурс]. URL: https://3dpt.ru/blogs/support/quality (дата обращения: 24.06.2021).

4. FDM и SLA: Руководство по сравнению 3D-принтеров 2020 г. // Formlabs. [Электронный ресурс]. URL: https://formlabs.com/ru/blog/fdm-vs-sla-compare-types-of-3d-printers (дата обращения: 24.06.2021).

5. Как выбрать технологию для настольной 3D-печати: FDM, SLA, SLS. Скорость // 3DDevice. [Электронный ресурс]. URL: https://3ddevice.com.ua/blog/tekhnologii-pechati-3d-printerov/как-выбрать-3d-принтер-сравнение-технол (дата обращения: 24.06.2021).

УДК 378.22

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ЭКОСИСТЕМА В ПРОГРАММЕ ДВОЙНЫХ ДИПЛОМОВ

Склярова Е.А., Ерофеева Г.В.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, e-mail: skea@tpu.ru

В статье рассматриваются вопросы формирования образовательной экосистемы в Томском политехническом университете как сообщества иностранных студентов, студентов принимающего вуза, преподавателей и научных работников. Ключевым моментом организации сообщества является создание коммуникационной среды в процессе обучения, проживания, общения и т.д. для сохранности контингента, повышения уровня подготовки и улучшения трудоустройства студентов. Сообщество студентов совместно с преподавателями, руководителями научной работы, работодателями, представителями организаций, которые участвуют в мероприятиях сообщества, а также возникающие элементы самоорганизации внутри сообщества создают образовательную экосистему. Для достижения поставленных целей необходимо, чтобы преподаватели и научные руководители владели знаниями в области коучинга, тьютерства и т.д. В статье приведены вопросы разрабатываемой в ТПУ программы подготовки преподавателей-коучеров для создания образовательной экосистемы, указаны основные изменения в совместных программах при создании образовательных экосистем. Возникновение и развитие образовательных экосистем связано с кризисом модели современного образования. В отличие от традиционного образования экосистема является гибкой и человекоориентированной, открывает доступ к разнообразию образовательных траекторий и имеет инновационный характер.

Ключевые слова: двойной диплом, экосистема, коучинг, сообщество, образовательная программа, сохранность контингента

EDUCATION AND TRAINING ECOSYSTEM IN DOUBLE DEGREE PROGRAMME

Sklyarova E.A., Erofeeva G.V.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: skea@tpu.ru

The paper discusses the questions of formation of education and training ecosystem in Tomsk Polytechnic University as community of international students, home students, university academic and research staff. The key component for the community organization is development of communication environment during education and training, living and communication to retain the students` pool, enhance the quality of education and training and increase employment options for students. The community of students together with academic staff, research supervisors, employers, third party representatives who take part in the community events as well as emerging self-organised bodies within the community form education and training ecosystem. To achieve the stated goals it is necessary that academic staff and research supervisors possess the knowledge in coaching, tutorship and other. The paper discusses the questions of being developed in TPU programme to train the teachers-coachers to form education and training ecosystem. The main changes in double degree programmes are stated when forming the education and training ecosystems. Emerging and development of education and training ecosystems is related to the crisis of the model of modern education. On the contrast to traditional education the ecosystem is flexible and personality centered, it provides access to wide range of various training trajectories and has innovation nature.

Keywords: double degree, ecosystem, coaching, community, degree programme, students` pool retainment

Образовательные программы для студентов, обучающихся в двух университетах, отличаются большим разнообразием по образовательным технологиям и содержанию обучения. Успешность обучения студентов также существенно отличается. Студенты изучают иностранный язык как в своей стране, так и за рубежом. Приезжают в другую страну с другими обычаями и культурой. С одной стороны, это интересно, а с другой – сложно изучать дисциплины специализации на чужом языке, заниматься научной работой и особенно писать и оформлять курсовые работы, выпускную квалификационную работу, публикации и т.д.

Совершенно естественно, что возникают проблемы, которые отмечаются в литературных источниках [1–3], а именно:

1) проблема сопоставимости условий обучения и проживания иностранных студентов;
2) языковые проблемы;
3) коммуникационные проблемы;
4) преодоление межкультурных различий;
5) восприятие менталитета партнеров.

Экосистемы существовали в природе и общества всегда. Лозунг «Образование будущего – переход к образовательным экосистемам» представляется перспективным для такого непростого обучения. В образовании – это кампусы. Любой вуз – это образовательная в той или иной степени экосистема. Но в обучении иностранных студентов экосистема – это создание еще и особой коммуникационной среды.

Цель внедрения экосистемы:

1. Увеличить сохранность контингента студентов.

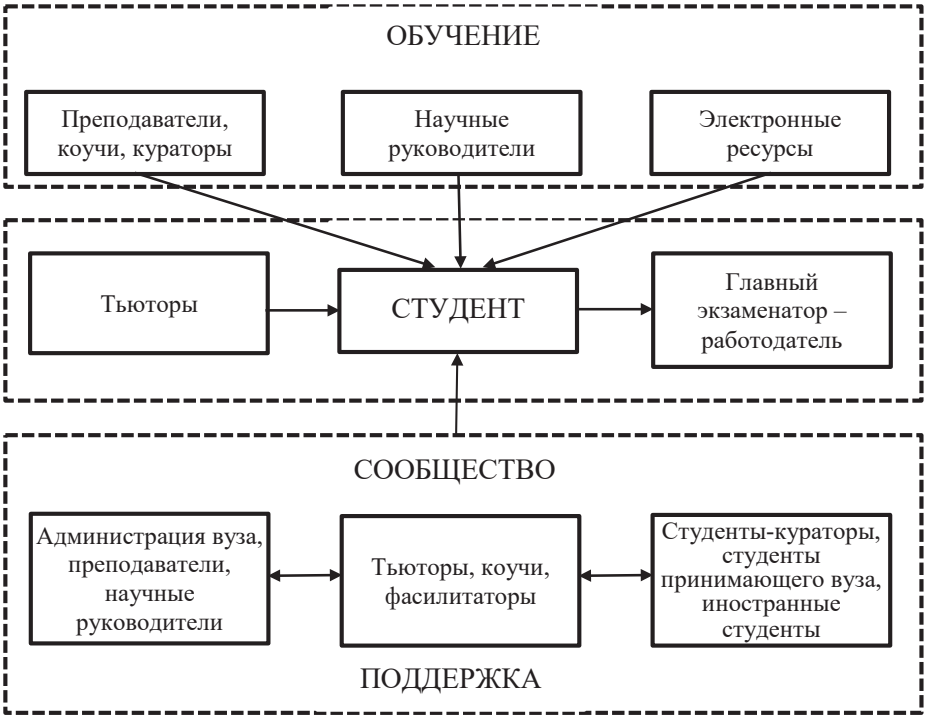
2. Повысить уровень и расширить сферу профессиональной подготовки студентов.

3. Улучшить трудоустройство, благодаря взаимодействию с представителями научных коллективов и предприятий.

Создание сообщества иностранных студентов и студентов принимающего вуза, преподавателей, научных работников, где всегда найдется фасилитатор, который сможет сделать процесс коммуникации удобным и приятным для всех участников. Взаимопомощь сообщества позволит студенту найти поддержку и помощь (по крайней мере, консультацию). Найдутся студенты принимающего вуза, которым понравится быть членами такого сообщества, возникнет элемент самоорганизации, и все мероприятия, проводимые сообществом, будут поддержаны. Мероприятия могут содержать забытые сейчас встречи студентов с преподавателями, научными работниками, потенциальными работодателями (по сути главными экзаменаторами), т.е. вечера вопросов и ответов, которые обогащают и тех и других. Всегда чрезвычайно важна помощь студентов принимающего вуза в предварительном просмотре написанного иностранным студентом с целью исключения ошибок, поскольку преподавателю очень сложно проверить все работы иностранных студентов (например, если студентов более 50 человек). С другой стороны, и русским студентам могут помочь иностранные студенты в том, что они хорошо освоили из содержания дисциплин. Поэтому сообщество иностранных студентов и студентов принимающего вуза играет очень важную роль в сохранении контингента обучающихся.

Материалы и методы исследования

Сообщество студентов совместно с тьютерами (тот, кто ведет студентов по траектории обучения) и коучами помогает иностранным студентам в выборе дисциплин вариативного плана и дополнительной специализации, научного направления, в решении бытовых проблем и т.д. Коуч помогает человеку поверить в свои силы, помочь ему раскрыть свои способности, опереться на свои достоинства и достичь цели в своей жизни. Именно сообщество студентов совместно с преподавателями, руководителями научной работы, представителями организаций, которые участвуют в мероприятиях сообщества, а также возникающие элементы самоорганизации внутри сообщества создают ту среду, которая называется образовательной экосистемой, т.е. единое целое с окружающей средой. Указанные элементы взаимодействия студентов и окружающей среды повышают уровень подготовки и увеличивают сферу трудоустройства студентов. На рисунке представлена структура образовательной экосистемы.



Структура образовательной экосистемы

Учитывая, что иностранные студенты вырваны из привычной среды, образовательная экосистема является необходимым элементом для успешной учебы. Понятно, что все документы и основные положения образовательных программ двойных дипломов остаются неизменными, они разработаны в вузах-партнерах [4].

Перечислим основные изменения в совместных программах при создании экосистем:

1. Определение задач и целей программы, краткий обзор направлений подготовки. Дополнительно указываются цели и задачи создания экосистемы.

2. Учебно-методическая документация (учебные планы, курсы и последовательность их прохождения, экзамены и выпускные работы и документ об образовании, требования к подготовке студентов). Основная часть должна включать общие положения для всех занятий (креативность, коммуникабельность, направление на раскрытие способностей студентов и т.д.).

3. Планируемые потребности. Помимо этого, экосообщество, благодаря своему устройству, должно способствовать выявлению и удовлетворению потребностей студентов.

4. Профессорско-преподавательский состав. Помимо соответствующей квалификации, каждый преподаватель по существу коуч: помогает студенту сделать свой выбор, опираясь на свои предпочтения и знания.

5. Курсы. Необходимо подготовить курсы повышения квалификации: преподаватель-коуч, тьютор, фасилитатор.

6. Летние и зимние школы.

7. Видеоконференции «Знакомство с вузом».

8. Традиции. Принимающий вуз должен учитывать национальные традиции иностранных студентов.

9. Поддержка студентов-кураторов. В сообществе также активно принимают участие студенты старших курсов (кураторство над иностранными студентами и студентами младших курсов).

10. Ресурсы. Помимо запланированных ресурсов на организацию экосистемы потребуются дополнительные ресурсы.

Причины, по которым вузы стремятся развивать программы совместных дипломов:

1. Повышение международной значимости и репутации вуза.

2. Интернационализация образования и науки.

3. Увеличение числа иностранных студентов.

4. Возможность создать инновационную совместную программу путем объединения сильных сторон отдельных вузов в области образования и научных исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

В Томском политехническом университете обучаются иностранные студенты из разных стран (Казахстан, Узбекистан, Таджикистан, Китай, Франция, Румыния и др.).

Отделение экспериментальной физики Инженерной школы ядерных технологий готовит студентов из Китая по направлению 03.03.02 Физика с Цзилиньским университетом (г. Цзилинь, КНР), по направлению 03.04.02 Физика, профиль Физика конденсированного состояния с Казахским национальным университетом имени аль-Фараби и Казахским национальным женским педагогическим университетом (г. Алматы, Казахстан) и по направлению «Физика и ее применение» (03.04.02 Физика, International Master Physics, Photonics and Nanotechnology (PNN) с Университетом Бургундии – Франш-Конте (Universite Bourgogne Franche-Comte) (г. Дижон, Франция).

Очень широкий профиль и большой объем изучения курсов физики, математики, теоретической физики, квантовой механики, материаловедения, наноматериалов и нанотехнологий и др. Основные научные направления: изучение свойств металлов и сплавов при насыщении водородом, свойств материалов водородной энергетики, исследование воздействия малых доз излучения на неравновесные кристаллы, разработка методов неразрушающего контроля, водородного охрупчивания и методов защиты от водородного охрупчивания, взаимодействие излучений и плазмы с веществом, водородная энергетика, методы и способы получения материалов с заданными свойствами. Бакалавры и магистры отделения привлекаются к научным исследованиям по хоздоговорам и грантам РФФИ.

Системообразующим фактором образовательной экосистемы может стать коммуникативное объединение образовательной и научной среды, благодаря преподавателям и научным руководителям, которые выполняют роли тьютеров и коучеров и др. Большое значение приобретает организация курсов повышения квалификации преподавателей и научных работников. В настоящее время в Отделении экспериментальной физики разрабатываются программы курсов коучинга применительно к образовательной экосистеме.

Основные программные вопросы:

1. Элементы психологии. Умение беседовать. Сведения, которые можно получить

во время беседы, изучая поведение человека во время беседы.

2. Обучение самостоятельному решению собственных проблем – основная задача коучинга. В связи с этим необходимо знать проблемы, с которыми обращаются студенты в деканат, к преподавателям, комендантам общежитий и т.д.

3. Способы решения проблем. Проблемы, решение которых очень сложно.

4. Выявление своих возможностей. Взаимодействие с администрацией вуза.

5. Работа со студентами. Учет времени на осмысление ошибок студентов, трансформацию знаний на их исправление.

6. Разработка методических материалов для практических занятий со студентами по проработке их задач и проблем.

7. Внедрение геймификации, цифровизации и чатов для студентов.

8. Подготовка словаря терминов для обучающихся.

Создание и внедрение в практику образовательной экосистемы потребует разработки дополнительных методических материалов, в основном для практических занятий со студентами, для проведения практик, геймификации, цифровизации и словаря терминов.

В методических материалах необходимо отразить ответственное отношение к окружающей среде, формированию способности принимать экологически целесообразные решения, стремление к образованию, самообразованию и саморазвитию в течение всей жизни, чтобы соответствовать изменениям, происходящим в обществе.

Образовательная экосистема (ранее – экосистема обучения, начало с 2000-х гг.) возникла не случайно. Возникновение и развитие образовательной экосистемы связано с кризисом модели современного образования. В высших учебных заведениях традиционное образование не дает выпускникам практических навыков, без которых им непросто найти место на рынке труда. Работодатель не заинтересован в дополнительном обучении работника, особенно если для этого требуется значительное время. Процесс приобретения практических навыков усложняется для иностранных студентов, получающих эти навыки на чужом языке. Именно в этом случае необходимо взаимодействие множества участников, выполняющих различные функции, в том числе (и это главное в образовательной экосистеме и подтверждающее инновационный характер ее) осуществляющих поддержку обучающегося, помогающих найти свое место в этом мире, развить и проверить креативные способности. Экосистемы открывают доступ к большому выбору разнообразных образовательных траекторий и возможностей трудоустройства.

Особое значение приобретают практики: именно на занятиях в научных лабораториях и на предприятиях студенты приобретают профессиональные навыки, необходимые им в дальнейшей работе и определяющие карьерный рост. Поэтому необходимо разработать методическое обеспечение практик, учитывая, что практику будут проходить иностранные студенты. Особенно это касается программ практик, которые должны разрабатывать руководители (преподаватели-коучи) с учетом проблем обучения иностранных студентов. Большое внимание следует уделить и выбору вузов, академических институтов и предприятий для прохождения практик.

Для успешной разработки и внедрения образовательной экосистемы необходима цифровизация учебного процесса. В НИ ТПУ цифровизации придается большое значение. Цифровые технологии находят применение для создания онлайн-курсов (особенно это касается курсов по профессиональным дисциплинам), для организации дистанционного образования и видеоконференций, виртуальных лабораторных работ, централизованного тестирования и т.д. Для преподавателей разработаны курсы повышения квалификации. Цифровые технологии адаптируются, создаются инструменты поддержки как для студентов, так и для преподавателей.

Выводы

Фундаментальные основы образовательных экосистем в настоящее время, можно сказать, только начинают занимать представителей педагогической науки. Название «образовательная экосистема» можно объяснить аналогией между наличием всевозможных связей и в том числе обменом энергией в природной экосистеме и необходимостью создания связей и обмена всевозможной информацией между участниками образовательной экосистемы. За рубежом, как отмечают авторы [5], университеты уже становятся «ядром инновационных экосистем, которые готовят квалифицированных специалистов…»

Причина появления образовательной экосистемы кроется в глобальных изменениях, происходящих в обществе. Чтобы соответствовать требованиям времени, образовательная система должна быть гибкой, с широкими внешними и внутренними связями и обладать способностью к изменениям, продиктованным обществом, воспитывать бережное отношение к окружающей среде и здоровью, готовность к непрерывному процессу обучения.

Традиционное образование является, как говорили ранее, «по-хорошему консервативным», и раньше это соответствовало требованиям времени. Однако слишком быстрые изменения в обществе сдвинули парадигму образования в сторону соответствующих изменений. Особо следует отметить разработку и организацию образовательной экосистемы в вузах «двойных» дипломов. Образовательная система, в которой организовано обучение иностранных студентов, представляет собой открытую систему, находящуюся в неравновесном состоянии, параметры которой могут принимать критические значения. В такой системе возможно возникновение самоорганизованных процессов. Для того чтобы система, согласно своей программе, успешно функционировала, необходимо разработать методическое обеспечение всех видов занятий с учетом создания коммуникативной среды, ввести геймификацию и цифровизацию занятий. Большая роль отводится преподавателям-коучам, тьютерам и др., которые совместно со студентами и администрацией вуза регулируют все процессы, происходящие в системе, и создают комфортную среду для обучения и во всех видах взаимосвязей.

Для создания образовательной экосистемы и подготовки всех предпосылок ее работы в соответствии с поставленными задачами и запланированной программой потребуется немало времени. Естественно, что в процессах разработки и внедрения образовательных экосистем будут происходить изменения в теоретическом видении, подходах, содержании, технологиях, формах и т.д., но процесс запущен и продиктован временем.

Список литературы

1. Sinyatkin I., Mishin A., Karpukhina E. Analysis of double degree programmes between EU and Russian heis // The European Union's ENPI Programme for Russia. Final report, 2010. [Электронный ресурс]. URL: https://www.spbstu.ru/upload/inter/final_report.pdf (дата обращения: 11.05.2021).

2. Константинова Л.В., Токарева Е.С. Опыт реализации программ двойных дипломов с использованием дистанционных технологий в контексте интернационализации высшего образования // Открытое и дистанционное образование. 2016. № 1 (61). С. 30–35.

3. Ван Ли, Баранова И.И. Совместные образовательные программы китайских университетов и российских вузов: состояние, тенденции и перспективы // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки. 2017. Т. 8. № 1. С. 134–141.

4. Мартыненко Е.В. Создание и сопровождение программ двойных дипломов: учеб. пособие. М.: РУДН, 2008. 123 с.

5. Дёрина Н.В., Савва Л.И., Рабина Е.И. Университетская экосистема как экологический вектор высшего образования // Мир науки. Педагогика и психология. 2020. № 3. URL: https://mir-nauki.com/10PDMN320.html (дата обращения: 15.07.2021).

УДК 373.3

ВЛИЯНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ НА УРОВЕНЬ ЗДОРОВЬЯ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ

Танцикужин Н.О., Найн А.А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», Челябинск, e-mail: anain@yandex.ru

В статье приводится подробный анализ проблемы здоровья младших школьников и его ухудшения по мере взросления и перехода из класса в класс. Авторы рассматривают многочисленные исследования в области здоровья подрастающего поколения сквозь призму распределения учащихся на медицинские группы здоровья. В ходе исследования получены данные, которые можно характеризовать как определенную негативную тенденцию распределения учащихся по группам здоровья за период обучения в образовательном учреждении (школа) в период с 1 по 11 класс. Проанализирована информация, полученная в ходе изучения медицинских карт младших школьников до и после эксперимента. Как показал анализ медицинских карт учащихся, можно смело утверждать, что при переходе из класса в класс процент второй группы здоровья, а именно лиц с функциональными нарушениями здоровья, становится больше. Полученные результаты говорят об эффективности педагогической технологии физического воспитания младших школьников (на примере выполнения нормативов ВФСК «ГТО») и прямой корреляционной зависимости проведенного эксперимента и повысившимся уровнем здоровья младших школьников. В данном случае можно предположить, что тенденция ухудшения уровня здоровья школьников может объясняться возрастанием академической и моральной нагрузки с переходом из класса в класс, малоподвижным образом жизни и отсутствием интереса к самостоятельным физкультурно-спортивным занятиям.

Ключевые слова: педагогическая технология, младшие школьники, физическое воспитание, уровень здоровья

INFLUENCE OF PEDAGOGICAL TECHNOLOGY OF PHYSICAL EDUCATION ON THE HEALTH LEVEL OF YOUNGER SCHOOL CHILDREN

Tantsikuzhin N.O., Nayn A.A.

Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, e-mail: anain@yandex.ru

The article provides a detailed analysis of the health problems of primary school children and its deterioration as they grow older and move from class to class. The authors consider numerous studies in the field of health of the younger generation through the prism of the distribution of students into medical health groups. The study obtained data that can be characterized as a certain negative trend in the distribution of students by health groups during the period of study in an educational institution (school) in the period from 1st to 11th grade. The information obtained during the study of medical records of primary school children before and after the experiment is analyzed. As shown by the analysis of medical records of students, we can safely say that during the transition from class to class, the percentage of the second group of health, namely, people with functional disabilities, becomes greater. The results obtained indicate the effectiveness of the pedagogical technology of physical education of younger schoolchildren (on the example of the implementation of the standards of the VFSK «GTO») and the direct correlation between the experiment and the increased level of health of younger schoolchildren. In this case, it can be assumed that the trend of deterioration in the level of health of schoolchildren can be explained by an increase in academic and moral load with the transition from class to class, a sedentary lifestyle and a lack of interest in independent physical education and sports activities.

Keywords: pedagogical technology, junior schoolchildren, physical education, health level

Учащимся, только поступившим в первый класс различных образовательных организаций, предстоит несколько лет изучать многие учебные дисциплины, устанавливать межличностные отношения как с одноклассниками, так и с учащимися школы в целом, всесторонне развиваться и приобретать совершенно новые знания, умения и навыки [1]. Для успешной реализации главной задачи образования – формирования гармонично развитой личности для будущей активной социальной деятельности страны необходим определенный уровень здоровья [2]. Он предполагает не только отсутствие соматических и психических недугов, но и положительный потенциал онтогенеза школьника. В образовательных организациях учебная дисциплина «физическая культура» во многом направлена на оздоровление учащихся, повышение резистентности их организмов к вирусам, бактериям, различным заболеваниям. Однако, как показывает практика и многочисленные исследования в этой области, состояние здоровья школьников постоянно ухудшается [3]. Уровень здоровья неразрывно связан с обязательным процессом физического воспитания. Рациональный процесс физического воспитания в первую очередь опирается на индивидуальную дозировку физической нагрузки [4]. Первым шагом к успешному решению задачи по выбору дозировки физических нагрузок на занятиях физическими упражнениями обучающихся является

их распределение на медицинские группы – основную, подготовительную и специальную [5]. Именно поэтому это очень важный показатель в конкретно нашем исследовании эффективности педагогической технологии физического воспитания младших школьников, так как ежегодно система образования предъявляет довольно серьезные требования к состоянию здоровья (интеллектуального и физического) школьников. Однако, как уже было отмечено ранее, многочисленные исследования в области уровня здоровья обучающихся подтверждают, что состояние здоровья подрастающего поколения только ухудшается, несмотря на попытки как Министерства образования РФ, так и Правительства РФ решить проблему гиподинамии и низкой двигательной активности школьников (введение третьего урока физической культуры в школах, возрождение и популяризация ВФСК «ГТО» и т.д.) [6].

Цель исследования – исследовать влияние педагогической технологии физического воспитания на уровень здоровья младших школьников.

Задачи исследования:

1. Провести анализ медицинских карт школьников до и после исследования.
2. Определить распределение заболеваний школьников по Международной классификации заболеваний.
3. Сделать вывод по окончанию исследования об уровне здоровья школьников.

Результаты исследования и их обсуждение

Распределение обучающихся для занятий физическими упражнениями на медицинские группы производится предварительно врачом-педиатром, подростковым врачом или участковым терапевтом [7]. Окончательное решение о направлении обучающегося в специальную медицинскую группу врач производит после дополнительного осмотра в начале предстоящего учебного года [8].

Основным критерием для включения обучающегося в ту или иную медицинскую группу является определение уровня его здоровья и функционального состояния организма. Для распределения в специальную медицинскую группу необходимо еще установление диагноза с обязательным учетом степени нарушения функций организма [9].

Медицинские группы здоровья – важный показатель не только соматического состояния школьников, но и их допуска к занятиям физическим воспитанием [6]. В рамках исследовательской работы на базах экспериментальной и контрольной групп было проведено изучение архива медицинских карт школьников с 1 по 11 класс, результаты отображены на рис. 1 и 2. Всего изучено 1128 медицинских карт учащихся за 2016–2020 гг. Из них 476 медицинских карт принадлежали младшим школьникам в возрасте 6–10 лет.

Метод математической и статистической обработки применялся в нашем исследовании для анализа и дальнейшего обобщения полученных в педагогическом эксперименте данных. Абсолютно все данные в ходе эксперимента подвергались математической обработке, с использованием параметрических (среднее арифметическое значение, стандартная ошибка среднего арифметического значения, среднее квадратическое отклонение, Т-критерий Стьюдента и др.) статистических показателей, которые сейчас особо широко находят свое применение в общей педагогике и педагогике физической культуры и спорта

Анализируя медицинские карты, мы пришли к выводу, что по мере взросления школьников доля первой группы здоровья уменьшается и увеличивается процент второй группы здоровья. В данном случае можно предположить, что тенденция ухудшения уровня здоровья школьников может объясняться увеличением учебной нагрузки с переходом из класса в класс, малоподвижным образом жизни и отсутствием интереса к самостоятельной физкультурно-спортивной деятельности. Наше исследование определило, что максимальный процент второй группы здоровья зарегистрирован в среднем звене школы (5–9 классы), в большей степени в 8–9 классах. Прежде всего, это связано с тем, что, как правило, некоторая часть школьников переходит в среднее профессиональное образование, покидая общеобразовательные учреждения после 9 класса, тем самым численность 10–11 классов сокращается, что и предопределяет искусственное увеличение первой группы здоровья в этих классах. Также можно предположить, что к более зрелому возрасту уменьшится численность потенциальных участников комплекса ГТО вследствие отрицательного медицинского заключения.

Исходя из анализа медицинских карт школьников, можно отметить, что из всех учащихся школ дети младшего школьного возраста являются самым здоровым звеном и именно в этом возрасте нужно начинать борьбу с негативной тенденцией ухудшения соматического и психического здоровья.

Данные тенденции распределения учащихся экспериментальной и контрольной групп по группам здоровья представлены на рис. 1 и 2.

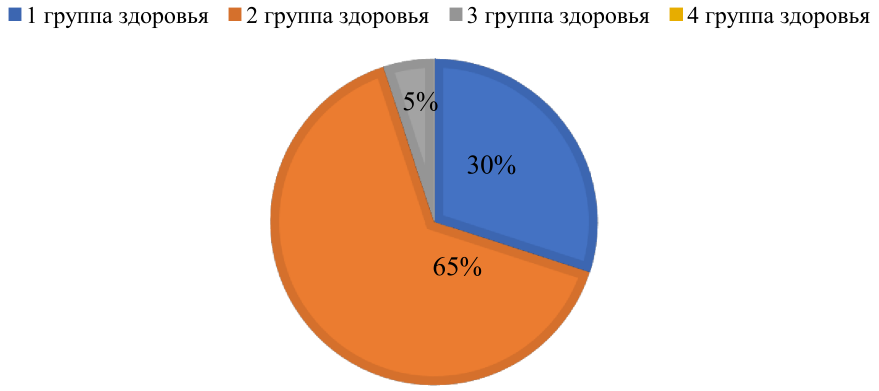


Рис. 1. Тенденция распределения младших школьников экспериментальной группы (n = 59) по группам здоровья до начала внедрения педагогической технологии физического воспитания

Рис. 2. Тенденция распределения младших школьников контрольной группы (n = 30) по группам здоровья до начала внедрения педагогической технологии физического воспитания

Стоит отметить, что в выбранных экспериментальной и контрольной группах полностью отсутствует специальная группа здоровья «Б» (4 группа). Также необходимо выделить, что даже самое здоровое звено в школе (1–4 класс) имеет большой процент заболеваний, что характеризуется 2 группой здоровья у 65 % младших школьников как в экспериментальной, так и в контрольной группах исследования. Также следует обратить внимание на небольшой процент преобладания первой группы здоровья, то есть абсолютно здоровых младших школьников в контрольной группе исследования.

Изучение и анализ медицинских карт школьников экспериментальной и контрольной групп проходило один раз в учебную четверть для дополнения и уточнения результатов исследования.

В нашем исследовании нами были выделены одна экспериментальная группа в количестве 59 младших школьников (n = 59) из вторых классов МАОУ «СОШ № 147 г. Челябинска» и одна контрольная группа в количестве 30 человек (n = 30) также из вторых классов. На момент констатирующего эксперимента экспериментальная и контрольная группа обучались во втором классе. В момент формирующего эксперимента и анализа тенденции распределения учащихся по группам здоровья экспериментальная и контрольная группы состояли из учеников третьих классов. На протяжении 2019–2021 учебного года в качестве контрольной группы выступали учащиеся МАОУ «СОШ № 56 г. Челябинска», а экспериментальной группы – МАОУ «СОШ № 147 г. Челябинска». В экспериментальной и контрольной группах объем занятий был одинаковым, то есть составлял три урока предмета «Физическая культура» в неделю по 40 мин каждый. Учащиеся начальной школы экспериментальной группы занимались по предложенной нами педагогической технологии физического воспитания, в контрольной группе учебный процесс оставался без изменений.

В основе нашей педагогической технологии физического воспитания лежит прин-

цип осознанной мотивации к физической культуре и спорту, самостоятельным занятиям физической культурой и спортом, приобщения родителей к процессу совместного развития физических качеств, а также здоровьесбережения, индивидуального подхода. Специально для нашей педагогической технологии физического воспитания были разработаны авторские подвижные игры, которые включают в себя имитацию выполнения некоторых упражнений из нормативных требований ВФСК «ГТО», а также те игры, которые сюжетно и концептуально знакомят младших школьников с комплексом «ГТО» [9]. Помимо подвижных игр был увеличен объем специально адаптированных для младшего школьного возраста плиометрических упражнений. Также был увеличен объем специально адаптированных для младших школьников общеразвивающих упражнений с отягощением собственного тела, которые выполнялись по протоколу Табата под музыкальное сопровождение с изменением интенсивности физической нагрузки с высокой на среднюю и низкую [6]. Для подвижных игр была создана общая концепция – помочь вымышленным персонажам Алене и Васе добраться до волшебного города «ГТОландия» для того, чтобы стать самыми сильными, быстрыми, гибкими, ловкими и выносливыми. Игры проводились в основной и заключительных частях третьего урока физической культуры и были выбраны как приоритетное направление физического воспитания, так как по рабочей программе предмета «физическая культура» и с учетом возрастных особенностей младших школьников игровая деятельность все-таки остается преобладающей [2]. Однако некоторые подвижные игры требуют использования еще неизученных младшими школьниками двигательных навыков [9]. Для этого мы в рамках школьной программы ФГОС для начальной школы по физической культуре, уделяли время также изучению и совершенствованию двигательных навыков и умений учащихся. Выбор подвижных игр обуславливался ведущим физическим качеством (сила, быстрота, выносливость, гибкость, ловкость), изучаемым в ходе школьной программы [1]. Также помимо использования авторских подвижных игр на уроках физической культуры регулярно проходили организационно-методические мероприятия с законными представителями младших школьников (родителями) как в рамках запланированных встреч классного руководителя с родителями, так и специальные мероприятия, которые инициировали мы, в том числе и для школьников. Темы таких мероприятий были максимально приближены к тематике ЗОЖ, осознанного и ответственного отношения к собственному здоровью, освещению основных положений ВФСК «ГТО» как ориентира и средства оценки физической подготовленности [4].

В 2020–2021 гг. был проведен заключительный этап нашего формирующего эксперимента. Также были подвергнуты анализу и обобщению результаты опытно-экспериментальной работы, в том числе и результаты, полученные в ходе анализа медицинских карт младших школьников. После проведения математико-статистической обработки и обобщения данных мы получили следующие результаты, представленные на рис. 3 и 4.

По результатам тенденции распределения учащихся начальной школы по группам здоровья после внедрения педагогической технологии физического воспитания стоит отметить:

1. Количество младших школьников экспериментальной группы с соответствующим нормам физическим и психическим развитием (что соответствует 1 группе здоровья) увеличилось на 7 %, тогда как этот же показатель в контрольной группе снизился на 6 %.

Рис. 3. Тенденция распределения младших школьников экспериментальной группы (n = 59) по группам здоровья после внедрения педагогической технологии физического воспитания

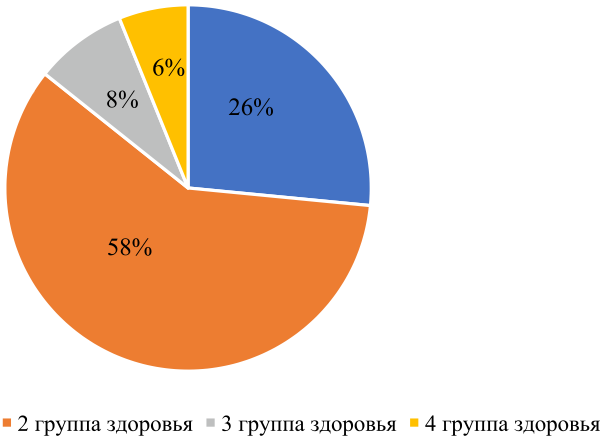


Рис. 4. Тенденция распределения младших школьников контрольной группы (n = 30) по группам здоровья после внедрения педагогической технологии физического воспитания

2. Количество учащихся начальных классов исследуемых групп с определенными функциональными нарушениями здоровья, а также тех, кто чаще других подвержен вирусным заболеваниям, с общей задержкой физического развития при отсутствии заболеваний эндокринной системы (низкий рост, отставание по уровню биологического развития), с дефицитом или избытком массы тела изменился – с 65 % до 63 % в экспериментальной группе и с 65 % до 58 % в контрольной группе, однако стоит отметить, что в контрольной группе снизилось количество младших школьников с первой группой здоровья на 6 % и увеличилось количество представителей 3 и 4 группы здоровья, что, конечно, указывает на ухудшение уровня здоровья.

3. Стоит учесть, что до проведения экспериментального исследования в наблюдаемых

группах отсутствовали представители 4 группы здоровья (которая предполагает частые болезни в течение учебного года (4 и более раз), хроническими отклонениями в состоянии здоровья). Контрольный анализ медицинских карт после внедрения педагогической технологии физического воспитания показал, что в исследуемой контрольной группе установилась негативная тенденция состояния здоровья младших школьников. Так, в частности, этот показатель увеличился до 6 %.

4. Третья группа здоровья младших школьников была представлена 5 % представителями экспериментальной группы и 3 % контрольной группы. После внедрения педагогической технологии физического воспитания данные изменились: у младших школьников экспериментальной группы отсутствовали представители 3 группы здоровья вообще, тогда как в контрольной группе этот показатель увеличился на 5 % – до 8 %.

Нашим исследованием было определено, что чем старше школьник, тем хуже его здоровье. Как показал анализ медицинских карт учащихся, можно смело утверждать, что при переходе из класса в класс процент второй группы здоровья, а именно лиц с функциональными нарушениями здоровья, становится больше. В данном случае можно предположить, что тенденция ухудшения уровня здоровья школьников может объясняться возрастанием академической и моральной нагрузки с переходом из класса в класс, малоподвижным образом жизни и отсутствием интереса к самостоятельным физкультурно-спортивным занятиям. Также можно отметить, что младшие школьники в нашем исследовании – это самые здоровые представители образовательных учреждений. Однако и здесь процент первой группы здоровья, то есть абсолютно здоровых, с отсутствием хронических патологий и возможностью без дополнительного медицинского осмотра выполнять нормативы ВФСК «ГТО», насчитывает в среднем не более 42 % (если брать общую выборку из учеников начальной школы) и 30–32 % (процент первой группы здоровья в экспериментальной и контрольной группах) соответственно.

Естественно, что бороться с негативной тенденцией ухудшения здоровья в ходе обучения в школе необходимо уже в начальных классах. Одним из средств борьбы с вышеупомянутой тенденцией может оказаться и педагогическая технология физического воспитания младших школьников, которая была предложена в нашем исследовании.

Список литературы

1. Киселев В.В., Матина Г.О. Преемственность основных образовательных программ общего образования – ресурс повышения качества образовательной деятельности в условиях введения ФГОС // Непрерывное образование в Санкт-Петербурге. 2017. № 2 (6). С. 7–12.

2. Горбаткова Е.Ю. Лобанов С.А. О некоторых аспектах формирования здоровья подрастающего поколения // Науковедение. 2015. № 1. С. 110–114.

3. Горбатовская Н.И. Повышение двигательной активности у младших школьников через подготовку и сдачу норм «ГТО» // Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне»: опыт прошлого, взгляд в будущее: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Готов к труду и обороне» (Елец, 03 июня 2015 г.). Елец: Изд-во Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2015. С. 13–16.

4. Балашова А.А. Продвижение спорта среди молодежи как фактор формирования новой культуры и здорового образа жизни всего населения // Актуальные проблемы рекламы и связей с общественностью: концепции, техники, технологии: материалы II Международной научно-практической конференции. 2018. № 2. С. 185–189.

5. Косырева И.В. Психолого-педагогическое сопровождение учебно-воспитательного процесса в школе // Модернизация образования: проблемы и перспективы. 2015. № 2 (19). С. 212–215.

6. Танцикужин Н.О., Найн А.А. Педагогическое сопровождение занятий по физической культуре младших школьников в режиме дистанционного обучения // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2020. № 7 (185). С. 389–394.

7. Бачиева Э.Ю., Асадулаева Ф.Р. Формирование здорового образа жизни учащихся как приоритет воспитательной деятельности современной школы // Мир науки, культуры, образования. 2016. № 5 (60). С. 177–179.

8. Исакова Е.М., Беседина Л.А. ГТО как система физического воспитания на современном этапе // Физическое воспитание, спорт, физическая реабилитация и рекреация: проблемы и перспективы развития. 2016. № 5. С. 501–503.

9. Кончакова С.М., Шубин Д.А., Брюховских Т.В. Подвижные игры как средство подготовки младших школьников к сдаче норм комплекса ГТО // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: материалы VIII межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Инновационные технологии в спорте и физическом воспитании подрастающего поколения» (Москва, 19 апреля 2018 г.). М.: Изд-во ООО «Буки Веди», 2018. С. 318–320.

УДК 796.011.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ ДЕВУШЕК-СТАРШЕКЛАССНИЦ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФИТНЕС-ТЕХНОЛОГИЙ

Шепеленко С.А.

Тульский государственный педагогический университет имени Л.Н. Толстого, Тула, e-mail: shepelenko2015@bk.ru

В статье представлено обоснование применения средств современных фитнес-технологий в процессе физического воспитания девушек-старшеклассниц. Модернизация школьного процесса по физическому воспитанию требует внедрения современных физкультурно-оздоровительных технологий, способных обеспечить качественное и эффективное проведение современных уроков по физической культуре. На сегодняшний день фитнес-технологии прочно заняли своё место в системе физического воспитания, однако в практике школьного образования применяются достаточно редко. Большое количество разнообразных видов способно удовлетворить интересы и потребности всех учащихся. В работе представлены результаты применения комплекса средств современных фитнес-технологий, проведённых в рамках урочных занятий по физической культуре с девушками 16–17 лет. В ходе проведения опроса и бесед были выявлены отношение школьниц к урокам физической культуры и отношение к применению на уроках современных видов фитнеса. Тестирование проводилось с целью выявления динамики результатов в показателях морфофункционального состояния и двигательной подготовленности девушек-старшеклассниц. Полученные результаты педагогического исследования демонстрируют эффективность применения средств современных фитнес-технологий в процессе физического воспитания девушек старшего школьного возраста. Занятия различными видами аэробики, силовыми упражнениями и упражнениями на гибкость в результате сочетания различных режимов работы способствовали наибольшим сдвигам в состоянии организма девушек экспериментальной группы и способствовали улучшению показателей морфофункционального состояния и двигательных способностей.

Ключевые слова: фитнес-технологии, девушки-старшеклассницы, урок физической культуры, двигательная подготовленность, аэробика

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF PHYSICAL EDUCATION OF HIGH SCHOOL GIRLS BASED ON THE APPLICATION OF FITNESS TECHNOLOGIES

Shepelenko S.A.

Tula State Pedagogical University named after L.N. Tolstoy, Tula, e-mail: shepelenko2015@bk.ru

The article presents the rationale for the use of modern fitness technologies in the process of physical education of high school girls. The modernization of the school process in physical education requires the introduction of modern physical culture and health-improving technologies that can ensure high-quality and effective conduct of modern physical education lessons. To date, fitness technologies have firmly taken their place in the system of physical education, but in the practice of school education they are rarely used. A large number of different types can satisfy the interests and needs of all involved. The paper presents the results of the use of a complex of modern fitness technologies, carried out in the framework of physical culture lessons with girls of 16-17 years old. In the course of the survey and conversations, the attitude of schoolgirls to physical education lessons and their attitude to the use of modern types of fitness in the lessons were revealed. The testing was carried out in order to reveal the dynamics of results in terms of morphological and functional state and motor readiness of high school girls. The obtained results of the pedagogical research demonstrate the effectiveness of the use of modern fitness technologies in the process of physical education of girls of senior school age. Classes in various types of aerobics, strength exercises and exercises for flexibility as a result of a combination of different modes of work, contributed to the greatest shifts in the state of the body of girls in the experimental group and contributed to the improvement of indicators of morphological and functional state and motor abilities.

Keywords: fitness technologies, high school girls, physical culture lesson, physical fitness, aerobics

Одной из важнейших задач общего среднего образования является сохранение и укрепление здоровья учащихся, воспитание ответственного отношения к здоровью, формирование основ здорового образа жизни и привитие гигиенических навыков [1].

Решение данных задач во многом зависит от того, насколько качественно организован процесс изучения предмета «Физическая культура» в образовательном учреждении. К предметным результатам освоения базового курса физической культуры относятся умения и навыки применения разнообразных форм физкультурной деятельности, в том числе современных физкультурно-оздоровительных технологий, с целью организации здорового образа жизни, активного отдыха и самостоятельных занятий [1]. Однако на практике до сих пор наблюдается традиционный подход к использованию средств и методов физического воспитания, что отражается на качестве урока по физической культуре.

На сегодняшний день анализ научных данных подтверждает снижение интереса учащейся молодежи к занятиям физической культурой и поверхностное формальное отношение к ней. Традиционный набор упражнений, повторяемый из урока в урок, низкий

методический уровень проведения занятий и привычные способы организации, иногда без учета возрастных и индивидуальных особенностей школьников, увлечение одним-двумя разделами программы по физической культуре – всё это выражается в снижении интереса и мотивации к занятиям физической культурой, а также низкой посещаемости, особенно в старших классах.

Вопрос мотивации на уроках физической культуры имеет очень большое значение для повышения качества обучения. Под мотивацией понимается психофизиологический процесс, «способный задавать его направленность, организацию, активность и устойчивость», а также «умение человека удовлетворять собственные потребности» [2]. Современный учитель физкультуры, внедряя современные оздоровительные и педагогические технологии, создаёт условия для побуждения внешней мотивации ученика к занятиям физической культурой с целью приобщения к здоровому образу жизни, сохранению и укреплению здоровья, повышению самооценки и т.д. [3].

Особое снижение интереса к уроку физической культуры, по данным Л.И. Сидневой и Е.П. Алексеевой, отмечается у девушек-старшеклассниц, при этом отсутствует содержательная сторона процесса физического воспитания, позволяющая учитывать интересы самих школьниц.

Важным на данный момент является смещение акцента в программах по физическому воспитанию с традиционных средств и методов в сторону современных оздоровительных технологий, которые способны удовлетворить любые мотивационные потребности и интересы старшеклассников. Применение на уроках физической культуры различных видов аэробики, силового и функционального тренинга, ментальных видов фитнеса и стретчинга способно создать положительный эмоциональный фон, мотивировать к дальнейшему самосовершенствованию, активизировать двигательную деятельность, что, в свою очередь, приведёт к улучшению отношения к урочным занятиям физической культурой и повышению двигательной подготовленности [4–6].

Содержательная сторона различных средств фитнеса представлена в работах В.Е. Борилкевича (2003), Ю.В. Татуры (2001), Т.А. Кудры (2002), Л.В. Сидневой (2000), Т.С. Лисицкой (2002) и др.

Современный фитнес – это динамичная система физических упражнений, которая постоянно пополняет арсенал используемых средств и методов. Результаты исследований многократно доказывают, что занятия оздоровительными видами фитнеса оказывают положительное влияние на состояние здоровья человека, его физическую подготовленность, психоэмоциональное состояние и т.д. [7–9].

Цель исследования – обоснование применения различных фитнес-технологий на уроках физической культуры у девушек старших классов.

Материалы и методы исследования

Педагогический эксперимент проводился с июня 2020 г. по май 2021 г. на базе МБОУ ЦО № 34 г. Тулы. В исследовании приняли участие девушки старшего школьного возраста. Контрольная группа занималась по авторской программе по физической культуре для 10–11 классов (автор В.И. Лях, 2012 г.). В экспериментальной группе занятия проводились также по вышеуказанной программе, однако в вариативную часть были внесены изменения на основе применения оздоровительных видов фитнеса. Занятия в обеих группах проводились в виде урока 3 раза в неделю по 45 мин. В экспериментальной группе третий урок физической культуры был полностью посвящен современным оздоровительным технологиям (базовая аэробика, танцевальные виды аэробики, силовая аэробика, функциональная тренировка, система Пилатес, стретчинг), которые проводились как отдельными видами, так и в комплексе. Также различные средства фитнеса были включены в подготовительную и заключительную части первых двух уроков в недельном микроцикле.

Занятия в экспериментальной группе проводились в урочной форме. На каждом этапе урока решались свои специфические задачи. В подготовительной части, решающей задачи разминки, вместо общеразвивающих упражнений применялись базовые шаги аэробики, выполняемые под музыкальное сопровождение, или базовые силовые упражнения в зависимости от вида и задач занятия. С помощью музыки создавался психологический и эмоциональный настрой на урок. В основной части занятия шла работа над улучшением двигательной подготовленности, развитием физических качеств, воспитанием выразительности движений средствами базовой, силовой, танцевальной аэробики. Заключительная часть занятия состояла из упражнений системы Пилатес, упражнений стретчинга, дыхательных упражнений.

В структуру комплексного занятия входили три обязательных блока упражнений:

1. Блок аэробных упражнений, выполняемый на основе связок из базовых шагов или функциональных движений, с постепенным увеличением амплитуды и вовлечением в работу крупных мышечных групп.

2. Блок силовых упражнений для развития силы и силовых способностей, формирование мышечного корсета, коррекции фигуры путем воздействия на проблемные зоны и т.д.

3. Блок упражнений стретчинга, выполняемый с целью улучшения подвижности в суставах, а также растягивание мышц и соединительнотканных образований опорно-двигательного аппарата.

Методика проведения занятий по фитнесу была внедрена нами в процесс физического воспитания девушек 16–17 лет с учетом организационно-методических и педагогических условий, предусматривающих:

– реализацию дидактических принципов обучения, а также учет специфических принципов воспитания старших школьников;

– учёт индивидуальных и возрастных особенностей;

– соответствие требованиям технологии построения и проведения оздоровительных занятий;

– использование комплекса упражнений аэробного, анаэробного и смешанного характера;

– преимущественно комплексный характер занятий, выражающийся в сочетании разных видов упражнений;

– применение методов стандартно-повторного упражнения, который впоследствии заменялся вариативным, а также методов переменного упражнения;

– использование фронтального, группового, кругового способов организации занятий в сочетании с индивидуальной работой;

– использование музыкального сопровождения.

Результаты исследования и их обсуждение

Для выявления мотивов и отношения к занятиям по физической культуре с девушками старших классов была проведена беседа, в ходе которой мы узнали, что основными причинами пассивного отношения к урокам по физической культуре являются однообразие и монотонность преподавания учебного материала, а также несоответствие содержания уроков запросам и интересам учащихся.

С целью выявления морфофункционального состояния и физической подготовленности девушек-старшеклассниц было проведено тестирование (рис. 1). Установлено, что при первоначальном тестировании достоверных различий между результатами опытных групп зафиксировано не было. Анализ полученных данных показал, что по большинству показателей уровень подготовленности учащихся не соответствует возрастным нормативам и в сравнении с нормативами ГТО результаты также ниже среднего уровня.

На рис. 2 представлены результаты двигательной подготовленности девушек-старшеклассниц после эксперимента.

В результате проведённого исследования были получены следующие результаты:

1. Средний показатель массы тела в КГ равен 64,81 кг, в ЭГ – 59,43 кг. В КГ по сравнению с началом эксперимента произошли незначительные изменения в сторону снижения, в ЭГ можно отметить значительное снижение массы тела, которое мы объясняем применением различных аэробных и анаэробных упражнений и их сочетание, однако различия оказались недостоверны ($p > 0,05$).

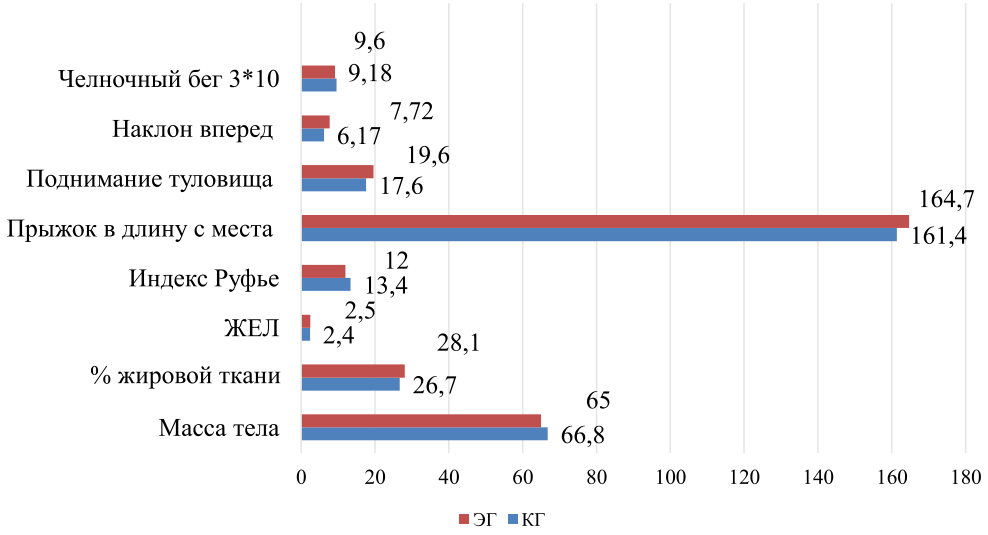


Рис. 1. Показатели морфофункционального состояния и двигательной подготовленности девушек-старшеклассниц до эксперимента

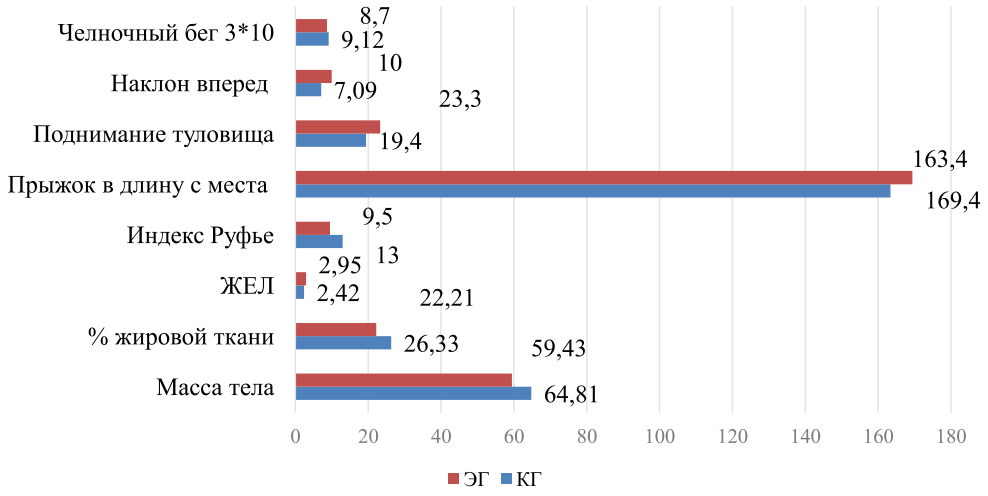


Рис. 2. Показатели морфофункционального состояния и двигательной подготовленности девушек-старшеклассниц после эксперимента

2. Содержание жировой ткани в организме определялось с помощью специальных весов. Среднее значение в КГ после исследования составило 26,33 %, в ЭГ – 22,21 %. В ЭГ группе произошло значительное уменьшение жирового компонента тела, которое мы связываем с применением специальных упражнений силовой аэробики и функционального тренинга, однако различия оказались также статистически недостоверны ($p > 0,05$).

3. Показатель ЖЕЛ в среднем в КГ составил 2,42 л в ЭГ – 2,95 л. В норме для данного возраста ЖЕЛ составляет 3000–3500 мл. Однако следует отметить улучшение в ЭГ за счёт применения средств базового и танцевальных видов аэробики, заключающееся в выполнении связок и комбинаций умеренной интенсивности. В КГ изменения незначительны. Между двух групп результаты статистически недостоверны ($p > 0,05$).

4. Данные пробы Руфье на начальном этапе показали низкую степень адаптации к нагрузке в КГ (13,4 б), в ЭГ (12,0 б), в то время как удовлетворительной реакцией является диапазон от 6 до 10 б. После эксперимента показатель КГ стал равен 13,0 б, что является незначительным. В ЭГ – 9,5 б, что считается уже удовлетворительной реакцией на нагрузку. При этом результаты статистически достоверны ($p < 0,05$).

5. Прыжок в длину с места. На начальном этапе девушки КГ показали результат 160,5 см в среднем по группе, а в ЭГ – 163,9 см. Данные значения находятся в зоне ниже средних значений для данного возраста. По окончании эксперимента КГ улучшила свой результат до 163,4 см, что является незначительным, ЭГ улучшила свой результат на 6 см в сравнении с результатом «до» – 169,4 см. Улучшение показателей скоростно-силовой подготовленности в ЭГ мы объясняем применением различных ударных упражнений, а также связок и комбинаций, состоящих их прыжков и подскоков, выполняемых под музыкальное сопровождение определённого ритма. При этом результаты статистически достоверны ($p < 0,05$).

6. До эксперимента поднимание туловища из положения лежа на спине школьницы КГ сделали 17,6 раз в среднем, а школьницы ЭГ – 19,6 раз. По окончании экспериментальной программы девушки КГ улучшили результат до 19,4 раз, а девушки ЭГ – до 23,3 раз в среднем. Улучшение показателей в ЭГ мы связываем с систематическим выполнением упражнений на укрепление мышц живота в результате занятий силовой аэробикой. При этом результаты статистически достоверны ($p < 0,05$).

7. На начало исследования в тесте на гибкость школьницы КГ показали результат 6,17 см, школьницы ЭГ – 7,72 см. Данные значения говорят о низком уровне развития гибкости. По окончании эксперимента КГ улучшила результат всего на сантиметр, в ЭГ произошли значительные изменения в виду систематического применения упражнений на улучшение подвижности в суставах. При этом результаты статистически достоверны ($p < 0,05$).

8. На начало исследования средний показатель в челночном беге в КГ составил 9,60 с, в ЭГ – 9,18 с. По окончании эксперимента незначительные изменения зафиксированы в КГ (9,12 с), в ЭГ результат оказался лучше – 8,7 с. Данное улучшение

в развитии координационных способностей мы можем объяснить выполнением сложно координационных связок и комбинаций, включающих большое количество поворотов и изменения направления.

Таким образом, занятия различными видами аэробики, силовыми упражнениями и упражнениями на гибкость в результате сочетания различных режимов работы способствовали наибольшим сдвигам в состоянии организма девушек экспериментальной группы. Данные занятия способствовали улучшению показателей морфофункционального состояния и двигательных способностей. В результате занятий уменьшилась масса тела и процент жировой ткани в организме, также снизилось время восстановления после нагрузки. В контрольной группе отмечены незначительные улучшения изучаемых показателей.

В заключение можно отметить, что в основу современной системы физического воспитания должны лечь концепции на основе новых педагогических технологий и инновационных подходов, которые сформировались в физической культуре за последнее время (Л.И. Лубышева (2001)).

На сегодняшний день фитнес, решая задачу оздоровления, повышения двигательной подготовленности и интереса к занятиям физической культурой за счёт современных видов занятий, инновационного инвентаря и оборудования, дополнил новым содержанием и обновил существующие подходы в традиционной физической культуре [10]. Однако одними из главных нерешённых проблем остаются недостаточная подготовленность учителей с целью применения средств фитнеса в практике школьного образования и недостаточная материальная база в виде отсутствия соответствующего оборудования и инвентаря.

Список литературы

1. Приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413 (ред. от 11.12.2020) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования». [Электронный ресурс]. URL: https://fgos.ru/ (дата обращения: 24.06.2021).

2. Мартын И.А. Формирование мотивации к занятиям физической культурой и спортом у студенческой молодежи // Universum: Психология и образование: электрон. научн. журн. 2017. № 6 (36). С. 7–10.

3. Давыдова С.В. Требования к современному уроку физической культуры в условиях ФГОС. Краснодар: Новация, 2016. С. 142–144.

4. Жалбэ М.Г. Внедрение фитнес-технологий в учебный процесс младших школьников // Молодой ученый. 2015. № 23. С. 1029–1031.

5. Лосева Н.А., Пономарев Г.Н., Сайкина Е.Г. Фитнес-технологии как путь повышения интереса и эффективности урока физической культуры в школе // Теория и практика физической культуры. 2011. № 8. С. 55–60.

6. Сайкина Е.Г., Смирнова Ю.В. Фитнес как значимое социокультурное явление // Фитнес: становление, тенденции и перспективы развития в России: сб. матеариалов научно-практической конференции, посвященной 210-летию РГПУ им. А.И. Герцена, 60-летию факультета физической культуры. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2006. С. 41–47.

7. Романенко Н.И. Методика физического воспитания старшеклассниц с использованием средств оздоровительной физической культуры // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 3. № 10. С. 188–190.

8. Аникиенко Ж.Г. Особенности влияния средств фитнеса на физическую подготовленность, физическое развитие и функциональное состояние девушек // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2012. № 10 (92). С. 10–16.

9. Шепеленко С.А. Фитнес-технологии в системе школьного образования // Инновационные технологии в физическом воспитании и спорте: сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Тула: ТГПУ им. Л.Н. Толстого, 2015. С. 370–372.

10. Сайкина Е.Г. Фитнес в системе дошкольного и школьного физкультурного образования. автореф. дис. … докт. пед. наук. Санкт-Петербург, 2009. 47 с.

УДК 378:006.91

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ МАГИСТРОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ 27.04.01 СТАНДАРТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ

Юматова Э.Г.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Нижний Новгород, e-mail: standart@nngasu.ru

С учетом специфики архитектурно-строительного вуза приведены теоретические и практические основы проектирования методической системы формирования профессиональных компетенций будущих магистров, обучающихся по образовательной программе «Стандартизация и метрология». Выделены профессиональные компетенции и раскрыто содержание индикаторов их достижения, что определяет цели и результаты подготовки студентов согласно запросам рынка труда. Детально исследована компетенция, отвечающая за формирование у будущего магистра трудовой функции в сфере метрологического обеспечения организации. Определен комплекс профессиональных дисциплин и выделены межпредметные темы, отвечающие за формирование данной профессиональной компетенции. Для формирования и диагностики компетенции в зависимости от уровня сложности технического задания предложена структура системы межпредметных проблемных учебных задач. Приведены примеры задач разного уровня сложности, в ходе решения которых студентом составляется математическая модель задачи, выполняются расчеты погрешностей и их отклонений на основе косвенных измерений, доверительной вероятности и интервала. Выделены технические средства обучения (средства измерений), способствующие продуктивности методической системы. Выделенное содержание и педагогический инструментарий, а также методы обучения с применением разработанной системы межпредметных проблемных задач проходят апробацию.

Ключевые слова: обучение будущих магистров, профессиональные компетенции, стандартизация и метрология, педагогическая система

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF FUTURE MASTERS TRAINING ON THE EDUCATIONAL PROGRAM 27.04.01 STANDARDIZATION AND METROLOGY

Yumatova E.G.

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, e-mail: standart@nngasu.ru

In this article are considered theoretical and practical conditions for constructing a pedagogical system for the formation of professional competencies (direction of training 27.04.01 Standardization and metrology, University of Architecture and Civil engineering). In accordance with the requirements of the labor market, the content of professional competencies and indicators of their achievement are determined. The competence responsible for the formation of the future master's labor function in the field of metrological support of the organization has been studied in detail. The complex of professional disciplines and interdisciplinary content, that form this professional competence, have been determined. The structure of the system of interdisciplinary learning tasks has been designed. Examples of learning tasks of different complexity levels are given. To solve learning tasks, it is necessary to perform mathematical modeling of the conditions of the problem, the calculation of errors, deviations, confidence probability and interval. Effective pedagogical tools (measuring instruments) of the methodological system were selected. The main elements of a pedagogical system (results, disciplines, pedagogical methods and tools) are in the experimental stage.

Keywords: master's studies, professional competence, standardization and metrology, pedagogical system

Начиная с 2021 г. обучение студентов по образовательной программе 27.04.01 Стандартизация и метрология будет осуществляться в соответствие с новым ФГОС ВО 3++, введенным 11.07.2020 г. В соответствии с указанными в ФГОС ВО 3++ профессиональными стандартами, трудовая деятельность выпускников магистратуры будет направлена на обеспечение безопасности и качества производства, процессов и продукции, а основными видами трудовой деятельности станут следующие:

− технический контроль качества выпускаемой продукции;

− обеспечение производственной деятельности в сфере метрологии.

Согласно требованиям нового образовательного стандарта разработка содержания профессиональных компетенций и индикаторов их достижений, а также составляющих ОПОП ВО возложена на вузы. Следует сказать, что УМО отстранилось от решения указанных выше педагогических задач для рассматриваемой образовательной программы.

Вместе с тем в соответствии с решениями Правительства РФ продуктивность такой подготовки продиктована необходимостью

создания условий: во-первых, безопасности и качества продукции в России; во-вторых, перехода отечественного производства и строительства на высокотехнологичный уровень. При этом важнейшим компонентом такого перехода станут автоматизированные цифровые контрольно-измерительные средства, что приведет к увеличению на рынке труда спроса на высококвалифицированных специалистов по организации работы метрологических служб, экспертных отделов по аккредитации и сертификации, служб по контролю и надзору.

Создание таких условий возможно только при достижении будущими магистрами должного уровня знаний в следующих областях знания: 1) составление и чтение проектно-конструкторской и технологической документации; 2) физические и химические законы измерений; 3) математические методы обработки результатов измерений. Поэтому вопрос конструирования компонентов модели продуктивной методической системы формирования профессиональных компетенций будущих магистрантов с учетом специфики архитектурно-строительного вуза остается открытым, что подтверждает актуальность исследования.

Цель исследования:

- разработать в соответствии с последним ФГОС ВО 3++ профессиональные компетенции и индикаторы их достижения будущими выпускниками магистратуры (27.04.01, профиль Обеспечение безопасности и качества продукции);
- выделить с учетом специфики архитектурно-строительного вуза дисциплины, методы и средства обучения, способствующие у будущего магистра формированию профессиональной компетенции в области наиболее востребованного на рынке труда вида профессиональной деятельности, такого как метрологическое обеспечение производственной деятельности;
- разработать примеры заданий разного уровня сложности для диагностики сформированности данной профессиональной компетенции.

Материалы и методы исследования

Для достижения обозначенной цели был проведен анализ следующих документов и теоретических исследований: 1) ФГОС ВО разных поколений (профили 27.04.01 – Обеспечение безопасности и качества продукции, Метрология, стандартизация и сертификация); 2) нормативные документы (профессиональные стандарты, приказы Минобрнауки РФ, нормативно-технические документы в области строительного производства); 3) психолого-педагогические источники.

Были применены такие методы педагогического исследования, как моделирование, анализ и обобщение результатов образовательной деятельности в сфере проектирования методических систем, собеседование с преподавателями технических вузов и специалистами, работающими в профильных организациях (например, ФБУ Нижегородский ЦСМ, ООО «Прибор-Автоматика» и др.).

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ педагогических источников, посвященных разрешению проблем в подготовке будущих инженеров в сфере метрологии и стандартизации, показал, что таких работ не так много и педагогами в большей части раскрыты особенности подготовки бакалавров (внедрение цифровых форм и компьютерных средств обучения, единство теории и практики, усиление практической направленности и др.) [1–3]. При этом работ, посвященных непосредственно профессиональной подготовке магистрантов и отвечающих требованиям нового стандарта, нами не обнаружено.

Для определения результативности подготовки магистров нами предлагается ввести следующие профессиональные компетенции (ПК) и их индикаторы:

− ПК-1. Организация работ по повышению уровня технического контроля в организации (ПК-1.1. Разработка, внедрение и контроль системы управления качеством продукции; ПК-1.2. Разработка, внедрение и поддержка актуальных методов и инструментов технического контроля; ПК-1.3. Проведение аттестации и сертификации услуг, процессов и продукции. Осуществление контроля соблюдения нормативных сроков их обновления; ПК-1.4. Принятие решений по устранению претензий и рекламаций потребителей на выпускаемую продукцию; ПК-1.5. Осуществление руководства сотрудниками отдела технического контроля);

− ПК-2. Организация работ по метрологическому обеспечению организации (ПК-2.1. Выявление состояния метрологического обеспечения в организации ПК-2.2. Осуществление функционального руководства работниками организации, выполняющими работы по метрологическому обеспечению; ПК-2.3. Планирование деятельности метрологической службы организации; ПК-2.4. Проведение работ по прохождению аккредитации организации в сфере обеспечения единства измерений).

Исследуем более подробно формирование у будущих магистров индикаторов профессиональной компетенции ПК-2, которая

формируется комплексом введенных нами в учебный процесс профессиональных дисциплин (Блок 1). Перечень введенных дисциплин, их трудоемкость и формируемые индикаторы представлены в табл. 1.

Освоение студентами комплекса дисциплин осуществляется в ходе проблемной деятельности (и особенно межпредметной проектной), которая в технических вузах является ведущей. По мнению И.А. Гуторовой [4], И.Я. Лернера, Н.И. Наумкина [5] и др., в зависимости от технического задания при аудиторной и самостоятельной работе студентами могут достигаться следующие уровни обучения: низкий (репродуктивно-алгоритмический); средний (частично-поисковый); высокий (исследовательский межпредметный).

В результате была разработана система учебных межпредметных проблемных задач, включающая 6 основных типов и которая применяется нами как в учебном процессе, так и при диагностике достижения уровней развитости у магистров индикаторов компетенции ПК-2. Распределение междисциплинарных тем шести типов проблемных задач по уровням сложности отражено в табл. 2.

Таблица 1

Формируемые индикаторы и трудоемкость профессиональных дисциплин

№	Дисциплины, зачетные единицы	Индикаторы
Обязательная часть Блока 1		
1	Физические и химические основы измерений (10 з.е.)	ПК-2.1, ПК-2.2
2	Современные методы измерений, испытаний и контроля (3 з.е.)	ПК-2.1, ПК-2.4
3	Метрологическое обеспечение жизненного цикла продукции (4 з.е.)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4
Часть Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений		
4	Организация измерений, контроля и испытаний (3 з.е.)	ПК-2.1, ПК-2.3
5	Исследовательские и конструкторские работы метрологического обеспечения (3 з.е.)	ПК-2.1, ПК-2.2,
6	Организация работ по метрологическому обеспечению (13 з.е.)	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4

Таблица 2

Распределение системы проблемных задач по уровням сложности

Межпредметные темы	Примерное содержание учебных заданий
Низкий уровень (репродуктивно-алгоритмический, 0–10 баллов)	
1. Оценка результатов многократных измерений. Типы погрешностей	Знание о законах распределения случайных величин для оценки результатов многократных измерений. Понимание сущности методов расчета погрешностей разного типа
2. Прямой метод измерения	Понимание физико-химической сущности метода прямых измерений
Средний уровень (частично-поисковый, 11–20 баллов)	
3. Исследования с помощью контрольных карт	Умение математически обосновать цель статистического исследования и выбор статистического метода обработки результатов измерений (ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015). Умение строить контрольные карты Шухарта и кумулятивных сумм
4. Косвенный метод измерения	Применение физико-химических законов при косвенных измерениях. Обоснование выбора измерительных средств
Высокий уровень (исследовательский, 21–30 баллов)	
5. Методы обработки статистических данных	Умение выбирать метод статистического анализа с целью решения сформулированной проблемы с учетом особенностей строительного производства (ГОСТ Р 55048-2020 СМК, ГОСТ Р 55048-2012)
6. Математическая обработка результатов измерений	Расчет стандартной, суммарной и расширенной неопределенности. Оценка результатов. Принятие решений (ГОСТ Р 8.000-2000)

Выявление уровней сложности каждого из межпредметных заданий осуществлялось на основе экспертной оценки, при составлении которой принимали участие не только преподаватели кафедры, но и представители от работодателей [6, 7]. Разработанные задания имеют теоретико-практический и межпредметный характер, а также учитывают специфику не только машиностроительных направлений подготовки, но строительных. Алгоритм решения каждой задач предполагает подробное его описание студентом.

Приведем примеры технических условий задач разного типа по уровням сложности:

– задание репродуктивно-алгоритмического типа. Значение дисперсии контролируемого диаметра изделия, которое не должно превышать 0,15 мкм, определяет точность работы станка-автомата. По результатам выборочного контроля, в ходе которого было измерено 25 изделий, рассчитана исправленная дисперсия, равная 0,25 мкм^2. Требуется проверить гипотезу, что станок-автомат обеспечивает требуемую точность, если считать, что диаметральный размер изделия принадлежит к нормальному закону распределения. Составьте математическую запись проверяемой гипотезы. Укажите номер верного ответа:

1) H_0:$D(X)$=0,15, H_1:$D(X)\neq$0,15;
2) H_0:$D(X)$=0,15, H_1:$D(X)>$0,15;
3) H_0:$D(X)$=0,15, H_1:$D(X)\geq$0,15;

– задание репродуктивно-алгоритмического типа. Определите квалитет, по которому изготовлен диаметральный размер детали типа «Вал». В ходе измерений установлено, что диаметр изготовленной детали «Вал» равен 98 мм, а допуск составил 220 мкм;

– задание частично-поискового типа. Составьте функцию $R_x = f(R_2,R_3,R_4)$, связывающую измеряемое сопротивление R_x с сопротивлениями резисторов измерительного моста R_2 = 990 Ом, R_3 = 995 Ом, R_4 = 996 Ом. Примените полученную функцию для вычисления среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности косвенного измерения сопротивления R_x, если указанные значения сопротивлений приняты при следующих значениях средних квадратических отклонений: $S(R_2)$ = 0,5 Ом; $S(R_3)$ = 0,7 Ом; $S(R_4)$ = 0,6 Ом. При составлении функции не учитывать внутреннее сопротивление источника и сопротивление измерительного прибора. Для измерения используется мост постоянного электрического тока (рисунок);

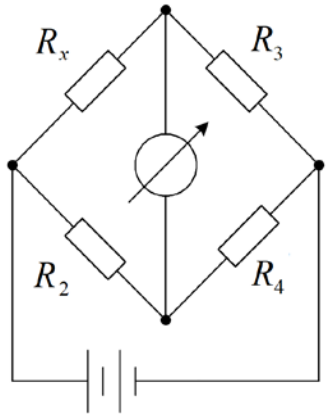


Схема моста постоянного тока

– задание частично-поискового типа. Выбрать средство измерений для контроля длины плитки. Согласно общим техническим условиям на плитку (ГОСТ 13996-2019) допуск на длину 150 мм установлен 1,2 мм (ΔX = 2,4 мм). Погрешность от измерения температуры окружающей среды, от температурного изменения размеров плитки и применяемого инструмента не учитывать в связи с незначительным отличием температуры в лаборатории от установленной НТД нормальной температуры измерения;

– задание исследовательского типа. Определите доверительный интервал для среднего значения при доверительной вероятности P = 0,99, если в результате восьмикратного измерения массы детали (г) получены следующие результаты: 23,361; 23,357; 23,352; 23,354; 23,346; 23,344; 23,340; 23,342. Распределение результатов взвешивания принять нормальным, грубые погрешности (промахи) необходимо исключить. Справочные данные взять из Приложения Д по ГОСТ Р 8.736-2011. Значение коэффициента Стьюдента принять t = 4,03 (при n = 8 и P = 0,99). Запишите результат шестикратного взвешивания объекта по ГОСТ Р 8.736-2011 с указанием среднего значения, его доверительного интервала при доверительной вероятности и числе измерений.

– задание исследовательского типа. Измерение вязкости при помощи капиллярного вискозиметра основано на определении времени истечения через капилляр определенного объема жидкости. При калибровке проведены 10 измерений времени истечения градуировочной жидкости через капилляр: 65,0; 65,2; 65,4; 65,6; 65,8; 65,4; 65,2; 65,4; 65,4; 65,8 с. Определить относительную поправку вискозиметра. Оценить расширенную неопределенность результатов ка-

либровки. Оформить бюджет неопределенности. Представить результаты калибровки с учетом расширенной неопределенности. При расчете неопределенности принять, что расчетное время истечения градуировочной жидкости составляет 64,1 с, погрешность аттестованного значения вязкости градуировочной жидкости составляет ± 0,2 %; погрешность измерения времени истечения градуировочной жидкости равна ± 0,2 с; коэффициент охвата $k = 2$ при доверительной вероятности $p = 0,95$.

Важным компонентом методической системы подготовки магистров являются современные средства обучения, которые включают не только компьютерные средства и ЕОИС вуза, но и специальные технические средства измерений, например геометрических параметров, величин давления и электротехнических величин. С учетом цифровизации инженерного образования, на наш взгляд, к такому необходимому перечню измерительного лабораторного инструментария при подготовке магистров, следует отнести: манометр цифровой М0-05; штангенциркуль цифровой ШЦЦ-1-150-0,01; индикатор цифровой ИЦ; осциллограф DSO-6022BE; измеритель параметров вибрации ВИБРАН-2.0; плиту поверочную; гигрометр ВИТ-2 15-40С; микрометры (МК-25, МК-50, МРИ 25-0.01, МТ-50, МЗ-25); кронциркули-нутромеры (1-го и 2-го классов точности); набор концевых мер длины №1; угольники (УП 160*100(395,0), УШ 250*180(895,0)); штангенциркули (ШЦ 125-0,05, ЩЦ-1-125, ЩЦ-1-150); теодолиты (ОТ-02, Т1, Т2); цифровой тахеометр; нивелир технический Н-5; приборы неразрушающего контроля (ультразвуковой толщиномер).

Заключение

В ходе исследования предложены в соответствии с ФГОС ВО 3++ элементы методической системы формирования профессиональных компетенций будущих магистров, обучающихся по образовательной программе 27.04.01. Согласно запросам рынка труда выделены профессиональные компетенции (ПК-1, ПК-2) и определены их индикаторы. Приведен комплекс дисциплин, отвечающих в учебном плане за формирование ПК-2. Приведены тематическая структура системы проблемных межпредметных задач для формирования ПК-2 и оценки ее достижения, а также примеры задач разного уровня. Выделены актуальные технические средства обучения (типы цифровых средств обучения).

Начиная с 2020 г. элементы методической системы проходят апробацию в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете (ННГАСУ) при подготовке магистров по направлению «Стандартизация и метрология», профиль «Обеспечение безопасности и качества продукции» (очная и заочная формы обучения). Акцент в методической системе делается на актуальные и практико-ориентированные цели, диагностику результатов, методы и инструментарий обучения, что необходимо для обеспечения выпускников ННГАСУ конкурентными преимуществами при трудоустройстве и для результативности участия в олимпиадах разного уровня.

Подтверждением успешности подготовки магистрантов является победа в номинации «Знаток квалиметрии и управления качеством» студентки ФГБОУ ННГАСУ (апрель 2021 г.). Отметим, что олимпиада проходила на базе ФГБОУ ВО НИУ «Казанский национальный исследовательский технологический университет» и в олимпиаде принимали участие 15 ведущих федеральных технических университетов страны.

Список литературы

1. Ющик Е.В. Использование инновационных методов в подготовке бакалавров «Стандартизация и метрология» // Интерактивная наука. 2016. № 2. С. 82–84.

2. Карпова О.В. Подходы к практико-ориентированному обучению бакалавров по направлению «Стандартизация и метрология» // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2020. № 4 (67). С. 46–53.

3. Соколова Т.Б., Ткачук Г.А., Рябина В.В. Анализ трудовых функций, нормированных в профессиональных стандартах, соответствующих направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология» // Молодой ученый. 2016. № 12.3 (116.3). С. 83–85.

4. Гуторова И.А. Стандартизация. Метрология. Сертификация. М.: Приор, 2001. 64 с.

5. Агеев В.А., Наумкин Н.И., Кильмяшкин Е.А. Особенности реализации проектного обучения // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 124–129.

6. Кутяйкин В.Г., Слюсарева Л.И. Метрологические основы измерений. Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2016. 136 с.

7. Зильбербранд Г.Е., Малышев А.Ю., Кутяйкин В.Г. Контроль качества исследований в аналитических и испытательных лабораториях. Н. Новгород: Поиск, 2016. 68 с.