

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,898  
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,306

Журнал издается с 2003 г.  
12 выпусков в год

Электронная версия журнала

[top-technologies.ru/ru](http://top-technologies.ru/ru)

Правила для авторов:

[top-technologies.ru/ru/rules/index](http://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, Алов 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.т.н., профессор, Завражнов А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загrevский О.И. (Томск); д.т.н., профессор, Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., профессор, Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., профессор, Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., профессор, Ижуктин 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, Скрышник О.Н. (Иркутск); д.п.н., профессор, Собынин Ф.И. (Белгород); д.т.н., профессор, Страбыкин Д.А. (Киров); д.т.н., профессор, Сулак Е.В. (Красноярск); д.ф.-м.н., профессор, Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., профессор, Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., профессор, Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., профессор, Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., профессор, Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., профессор, Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., профессор, Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., профессор, Шарафеев И.Ш. (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); к.т.н., доцент, Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург)

---

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

**Свидетельство ПИ № ФС 77 – 63399.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,898.**

**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,306.**

**Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.**

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 – 14.10.2022

Дата выхода номера – 15.10.2022

Формат 60×90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания»

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

Техническая редакция и верстка

Доронкина Е.Н.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 25,5

Тираж 1000 экз.

Заказ СНТ 2022/10

Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

---

## СОДЕРЖАНИЕ

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

### СТАТЬИ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ ВЫБОРА НАИЛУЧШЕГО ТИПА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ <i>Белоусова М.В., Булатов В.В.</i> .....	9
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОЗОНАТОР ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ <i>Вендин С.В., Мануйленко А.Н.</i> .....	14
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО ФИЛЬТРО-ВЫТЯЖНОГО ЗОНТА ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ <i>Марков Н.А., Угорова С.В.</i> .....	20
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ <i>Ожогова Е.В., Лубенцова Е.В., Лубенцов В.Ф., Левченко В.И.</i> .....	25
ОЦЕНИВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОКРАСКИ ТЕКСТА ПРИ ПОМОЩИ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ <i>Поздняков М.В., Осипов Н.А., Зудилова Т.В., Ананченко И.В., Иванов С.Е.</i> .....	32
МОДЕЛЬ СКОРИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА <i>Родионов А.В.</i> .....	37
АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА НАГРЕТОГО АНГИДРИДА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ЧЕРЕЗ ГАЗОХОД <i>Шадрина Г.Р., Купцов А.И., Купцов И.В., Гимранов Ф.М.</i> .....	42

### НАУЧНЫЙ ОБЗОР

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УПЛОТНЕНИЕМ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ <i>Прокопьев А.П.</i> .....	48
---	----

**Технические науки (2.5.2 (05.02.02, 05.02.18), 2.5.9 (05.02.11), 2.5.21 (05.02.13), 2.5.22 (05.02.22), 2.3.8 (05.13.17))**

### СТАТЬИ

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОСФОРИТОВОГО АГЛОМЕРАТА <i>Бобков В.И., Орехов В.А.</i> .....	59
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ <i>Вахитова Л.Ф., Жданов Р.Р., Михайлова В.А., Аксенов С.Г.</i> .....	64
АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТОДИЧЕСКИХ МНОГОЗОННЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ НАГРЕВА СЛЯБОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ <i>Жильцов А.П., Харитоненко А.А., Бочаров А.В., Челядина А.Л.</i> .....	69

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНОГО АВТОМАТА РАСПОЗНАВАНИЯ ВИДОВ ПАТОЛОГИЙ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНОГО ПРИ ГИСТОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ <i>Костарев С.Н., Татарникова Н.А., Новиков А.В., Серeda Т.Г.</i> .....	74
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ГОЛОСОВОМУ СИГНАЛУ <i>Кулемзин Д.В., Данилюк С.С., Селезнев Д.В.</i> .....	80
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАБЛОНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ В ПРАКТИКЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ <i>Ржавин В.В., Обломов И.А., Фадеева К.Н.</i> .....	84
РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕЗОСИСТЕМ В РОССИИ <i>Шинкевич А.И., Галимулина Ф.Ф., Иванова Л.Н.</i> .....	89
СИСТЕМА ИНФОРМИРОВАНИЯ ГРАЖДАН О ТАРИФАХ ЖКХ <i>Янченко И.В., Кокова В.И., Доронина О.А., Кириллов Д.А.</i> .....	95

**Педагогические науки (5.8.1, 5.8.1 (13.00.05), 5.8.2, 5.8.3, 5.8.4 (13.00.04), 5.8.5 (13.00.04), 5.8.6 (13.00.04), 5.8.7)**

## **СТАТЬИ**

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРИ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ В ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТЕ <i>Абдрахманова И.В., Луцук И.В.</i> .....	102
ОБУЧЕНИЕ АНАЛИЗУ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТЕКСТА ШКОЛЬНИКОВ 6-ГО КЛАССА С ТЯЖЕЛЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ <i>Бондаренко Т.А., Калашиникова А.Р., Хвастунова Е.П.</i> .....	107
МЕТОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВНЕДРЕНИЯ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖЕЙ <i>Бурлева Л.Г., Федорова О.Б.</i> .....	113
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ <i>Воронов М.П., Часовских В.П.</i> .....	120
ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ КОЛЛЕДЖА КАК ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА <i>Воскресенко О.А., Киреева А.А., Щелина Т.Т.</i> .....	125
МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ СКОРОСТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У ЛЕГКОАТЛЕТОВ 11–12 ЛЕТ НА ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ <i>Дедловская М.В., Подберезко Н.А., Кузнецова Е.Д., Гнездилов М.А.</i> .....	130
АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УСПЕШНОСТЬЮ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЕМ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ <i>Жуков Р.С., Козлов С.Д., Седнев А.В., Сидоров Е.С., Сомов В.С., Корт Г.Г.</i> .....	136
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИГРЫ СПОРТСМЕНА В НАСТОЛЬНОМ ТЕННИСЕ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ <i>Кобылянский Д.М., Шлеге И.П.</i> .....	141

---

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ «ЯЗЫКОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ» ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ <i>Ковчина Н.В.</i> .....	146
ДИАГНОСТИКА УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ <i>Кучинская Е.В.</i> .....	151
МОРАЛЬНО-ЭТИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЛИЧНОСТИ КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ВЫПУСКНИКОВ ЮРИДИЧЕСКИХ КОЛЛЕДЖЕЙ <i>Лежнева Н.В.</i> .....	156
РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В СФЕРЕ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Лукашов С.В., Хохлова М.В.</i> .....	161
ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД В МОНИТОРИНГЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КУРСАНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ <i>Мещеряков А.В., Акчурин Ф.А., Кодолова Ф.М., Рохлин А.В., Васильев О.С.</i> .....	166
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА СОВРЕМЕННЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ МЛАДШИХ КЛАССОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ <i>Милованова Л.А., Разливинских И.Н., Стерхова Н.С.</i> .....	173
ХАРАКТЕРИСТИКА ИНСТРУМЕНТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЕНЧЕСКО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА <i>Осипова И.С., Булдашева О.В.</i> .....	181
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ ВЫПОЛНЯТЬ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ <i>Потапкин Е.Н., Кемешева А.А.</i> .....	187
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ <i>Черпакова Н.А., Капустина Л.В.</i> .....	194
ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ <i>Шарытова Н.В., Павлова Н.В., Соловьева А.Л., Камалова А.Р.</i> .....	200

## CONTENTS

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

### ARTICLES

PRACTICAL APPLICATION OF MARKOV CHAINS TO SELECT THE BEST TYPE OF BACKUP OF AUTOMATED SYSTEM <i>Belousova M.V., Bulatov V.V.</i> .....	9
ELECTRIC AIR OZONATOR BASED ON CORONA DISCHARGE FOR LIVESTOCK PREMISES <i>Vendin S.V., Manuilenko A.N.</i> .....	14
EVALUATION DESIGNED FILTRATION EXHAUST HOOD TO CAPTURE CONTAMINATED CONVECTIVE STREAM <i>Markov N.A., Ugorova S.V.</i> .....	20
MULTI-CRITERIA SELECTION OF THE OPTIMAL SOFTWARE PACKAGE FOR CONTROL OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT <i>Ozhogova E.V., Lubentsova E.V., Lubentsov V.F., Levchenko V.I.</i> .....	25
RESEARCH OF DEEP LEARNING MODELS FOR TRAFFIC OPTIMIZATION IN VEHICLE-TO-EVERYTHING NETWORKS <i>Pozdnyakov M.V., Osipov N.A., Zudilova T.V., Ananchenko I.V., Ivanov S.E.</i> .....	32
SCORING MODEL OF ONLINE COURSE AS A TOOL FOR EDUCATIONAL PROCESS QUALITY MANAGEMENT <i>Rodionov A.V.</i> .....	37
ANALYSIS OF THE CONSEQUENCES OF HOT SULFURIC ACID ANHYDRIDE EMISSION DEFEAT THROUGH DISSIPING PIPE <i>Shadrina G.R., Kuptsov A.I., Kuptsov I.V., Gimranov F.M.</i> .....	42

### REVIEW

THEORETICAL FOUNDATIONS OF BUILDING INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS FOR COMPACTION ASPHALT MIXTURES <i>Prokopen A.P.</i> .....	48
---	----

**Technical sciences (2.5.2 (05.02.02, 05.02.18), 2.5.9 (05.02.11), 2.5.21 (05.02.13), 2.5.22 (05.02.22), 2.3.8 (05.13.17))**

### ARTICLES

PECULIARITIES PROCEDURE FOR DETERMINATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES PHOSPHORITE AGGLOMERATE <i>Bobkov V.I., Orekhov V.A.</i> .....	59
INVESTIGATION OF MEASURES TO IMPROVE THE FIRE SAFETY OF PRODUCTION FACILITIES <i>Vakhitova L.F., Zhdanov R.R., Mikhailova V.A., Aksenov S.G.</i> .....	64
ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN THE OPERATION OF METHODOLOGICAL MULTI-ZONE FURNACES FOR HEATING SLABS IN TERMS OF HEATING CAPACITY <i>Zhiltsov A.P., Kharitonenko A.A., Bocharov A.V., Chelyadina A.L.</i> .....	69
DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR SYNTHESIZING A SEQUENTIAL AUTOMATON FOR RECOGNIZING TYPES OF ANIMAL PATHOLOGIES IN HISTOLOGICAL ANALYSIS <i>Kostarev S.N., Tatarnikova N.A., Novikov A.V., Sereda T.G.</i> .....	74

ANALYSIS OF EXISTING TECHNOLOGIES PERSONALITY AUTHENTICATION BY VOICE SIGNAL <i>Kulemzin D.V., Danilyuk S.S., Seleznev D.V.</i> .....	80
USING RELATIONAL DATABASE DESIGN TEMPLATES IN THE PRACTICE OF HIGHER EDUCATION <i>Rzhavin V.V., Oblomov I.A., Fadeeva K.N.</i> .....	84
IMPLEMENTATION OF A CIRCULAR MODEL FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL MESOSYSTEMS IN RUSSIA <i>Shinkevich A.I., Galimulina F.F., Ivanova L.N.</i> .....	89
THE SYSTEM OF INFORMING CITIZENS ABOUT HOUSING AND COMMUNAL SERVICES FEES <i>Yanchenko I.V., Kokova V.I., Doronina O.A., Kirillov D.A.</i> .....	95

**Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.1 (13.00.05), 5.8.2, 5.8.3, 5.8.4 (13.00.04), 5.8.5 (13.00.04), 5.8.6 (13.00.04), 5.8.7)**

### ARTICLES

FEATURES OF APPLICATION OF PARAMETRIC AND NONPARAMETRIC CRITERIA IN DATA ANALYSIS IN PHYSICAL CULTURE AND SPORT <i>Abdrakhmanova I.V., Luschik I.V.</i> .....	102
TRAINING IN THE ANALYSIS OF THE SEMANTIC STRUCTURE OF THE TEXT OF SCHOOLCHILDREN OF THE 6TH CLASS WITH SEVERE SPEECH DISORDERS <i>Bondarenko T.A., Kalashnikova A.R., Khvastunova E.P.</i> .....	107
METHODOLOGICAL SYSTEM OF INTRODUCING THE BASIS OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE VOCATIONAL TRAINING OF COLLEGE STUDENTS <i>Burleva L.G., Fedorova O.B.</i> .....	113
METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ELECTRONIC EDUCATIONAL SYSTEMS <i>Voronov M.P., Chasovskykh V.P.</i> .....	120
FORMING A CULTURE OF CYBER SECURITY IN THE SYSTEM OF VOCATIONAL TRAINING OF COLLEGE STUDENTS AS A PEDAGOGICAL PROBLEM <i>Voskresenko O.A., Kireeva A.A., Shchelina T.T.</i> .....	125
METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF SPEED ABILITIES OF 11–12 YEARS OLD ATHLETES AT INITIAL TRAINING STAGES <i>Dedlovskaya M.V., Podberezko N.A., Kuznetsova E.D., Gnezdilov M.A.</i> .....	130
ANALYSIS OF THE INTERRELATIONS OF PHYSICAL AND SPORTS ACTIVITY WITH THE SUCCESS OF MASTERING THE TRAINING PROGRAM AND THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' CREATIVE ABILITIES <i>Zhukov R.S., Kozlov S.D., Sednev A.V., Sidorov E.S., Somov V.S., Kort G.G.</i> .....	136
IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF THE ATHLETE'S GAME IN TABLE TENNIS DUE TO THE USE OF COMBINATION TECHNIQUES <i>Kobylyanskiy D.M., Shlee I.P.</i> .....	141
EDUCATIONAL POTENTIAL OF THE SUBJECT "LINGUISTIC COMMUNICATION" FOR TECHNICAL PROGRAMMES <i>Kovchina N.V.</i> .....	146

---

DIAGNOSTICS OF THE LEVEL OF FORMATION OF ECONOMIC THINKING OF SPECIALISTS IN THE NUCLEAR INDUSTRY <i>Kuchinskaya E.V.</i> .....	151
MORAL AND ETHICAL RESPONSIBILITY OF THE INDIVIDUAL AS AN IMPORTANT COMPONENT OF THE PROFESSIONAL RESPONSIBILITY OF LAW COLLEGE GRADUATES <i>Lezhneva N.V.</i> .....	156
IMPLEMENTATION OF THE COMPETENCE APPROACH IN THE FIELD OF CHEMICAL EDUCATION <i>Lukashov S.V., Khokhlova M.V.</i> .....	161
INFORMATION APPROACH IN MONITORING THE PHYSICAL FITNESS OF CADETS OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION OF CIVIL AVIATION <i>Meshcheryakov A.V., Akchurin F.A., Kodolova F.M., Rokhlin A.V., Vasiliev O.S.</i> .....	166
THEORETICAL STUDY OF THE POTENTIAL OF MODERN FORMS OF ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE PROFESSIONAL ORIENTATION OF STUDENTS OF JUNIOR GRADES OF SECONDARY SCHOOL <i>Milovanova L.A., Razlivinskikh I.N., Sterkhova N.S.</i> .....	173
CHARACTERISTICS OF TOOLS FOR PROFESSIONAL TRAINING OF MANAGERIAL AND PEDAGOGICAL PERSONNEL IN THE FIELD OF PHYSICAL CULTURE AND SPORTS <i>Osipova I.S., Buldasheva O.V.</i> .....	181
CONDITIONS FOR THE FORMATION OF READINESS OF HIGH SCHOOL STUDENTS TO PERFORM BIOLOGICAL HOMEWORK <i>Potapkin E.N., Kemesheva A.A.</i> .....	187
THE USE OF NUMERICAL INTEGRATION METHODS IN SOLVING PHYSICAL PROBLEMS IN THE PROCESS OF BACHELOR TRAINING <i>Cherpakova N.A., Kapustina L.V.</i> .....	194
EXPERIENCE IN THE FORMATION OF NATURAL SCIENCE LITERACY OF STUDENTS THROUGH A DIGITAL LABORATORY <i>Sharypova N.V., Pavlova N.V., Soloveva A.L., Kamalova A.R.</i> .....	200

## СТАТЬИ

УДК 621.3.019.3

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА  
ДЛЯ ВЫБОРА НАИЛУЧШЕГО ТИПА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ****<sup>1</sup>Белоусова М.В., <sup>2</sup>Булатов В.В.**<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,  
Санкт-Петербург, e-mail: 27bmw1993@mail.ru;*<sup>2</sup>*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: bulatov-vitaly@yandex.ru*

Различные автоматизированные системы управления находят широкое применение во всех отраслях промышленности. Стоимость эксплуатации подобных систем зачастую значительно превышает стоимость разработки и изготовления. Поэтому логичным является направление финансовых средств на создание надежной аппаратуры. Применение резервирования является одним из основных способов повышения надежности автоматизированных систем. Структурное резервирование находит широкое применение для повышения надежности источников питания в промышленных системах, исключения узких мест в промышленных сетях Ethernet. Особое внимание следует уделять резервированию контроллеров, которые выполняют ответственную функцию. Применение дублированных программируемых контроллеров дает возможность повысить уровень надежности автоматизированной системы. Однако применение подобных систем является достаточно дорогостоящим. Помимо этого следует помнить, что введение дублирования, троирования или мажоритарной структуры типа «m из n» усложняет процесс вычисления надежности. В представленной статье рассматриваются структуры резервирования с контроллерами управления и блоками питания. Производится оценка показателей надежности на основе цепей Маркова. Решение систем дифференциальных уравнений Колмогорова производится методом Рунге – Кутты четвертого порядка и представлено графически. Проведенные расчеты дают возможность сравнить значения для того, чтобы выбрать оптимальную структуру резервирования с учетом требований производства.

**Ключевые слова:** автоматизированные системы, контроллеры, отказы, расчет надежности, цепи Маркова**PRACTICAL APPLICATION OF MARKOV CHAINS  
TO SELECT THE BEST TYPE OF BACKUP OF AUTOMATED SYSTEM****<sup>1</sup>Belousova M.V., <sup>2</sup>Bulatov V.V.**<sup>1</sup>*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, e-mail: 27bmw1993@mail.ru;*<sup>2</sup>*Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg,  
e-mail: bulatov-vitaly@yandex.ru*

Various automated control systems are widely used in all industries. The cost of operating such systems often significantly exceeds the cost of development and manufacture. Hence, it is logical to direct financial resources to the creation of reliable equipment. The use of redundancy is one of the main ways to improve the reliability of automated systems. Structural redundancy is widely used to improve the reliability of power supplies in industrial systems, eliminating bottlenecks in industrial Ethernet networks. Particular attention should be paid to the redundancy of controllers that perform a critical function. The use of duplicated programmable controllers makes it possible to increase the level of reliability of the automated system. However, the use of such systems is quite expensive. In addition, it should be remembered that the introduction of duplication, tripling, or an “m out of n” majority structure complicates the reliability calculation process. This article discusses redundancy structures with control controllers and power supplies. Reliability indicators are estimated on the basis of Markov chains. The solution of Kolmogorov’s systems of differential equations is performed by the fourth-order Runge-Kutta method and is presented graphically. The performed calculations make it possible to compare the values in order to select the optimal redundancy structure, taking into account the requirements of production.

**Keywords:** automated systems, controllers, failures, reliability calculation, Markov chains

В настоящее время вопросам резервирования уделяется много внимания в различных отраслях промышленности.

Применение структурного резервирования в автоматизированных системах находит широкое применение. Согласно [1] резервирование – это способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств и/или возможностей сверх минимально необходимых для выполнения требуемых функций.

Наиболее востребованным является резервирование источников питания технической системы, например, резервирования компонентов в промышленной системе являются дублированные источники питания постоянного тока, проходящие через диодный модуль [2].

Другим примером является резервирование промышленных сетей Ethernet, т.е. добавление избыточных линий связи с целью избавления от узких мест (единствен-

ных каналов и узлов передачи данных), от работоспособности которых зависит функционирование промышленной сети.

Ну и конечно, одной из важных задач является резервирование программно-логических контроллеров, например дублированного программируемого контроллера Siemens Simatic S7-400H [3].

В современных контроллерах предусмотрены различные варианты резервирования, причем как отдельных компонентов, так и всего контроллера в целом В [4] выделены следующие варианты резервирования:

- общий горячий резерв всех компонентов контроллера в целом;
- троирование основных компонентов и/или контроллера в целом с «голосованием» результатов обработки сигналов всех контроллеров;
- работа системы по принципу «пара и резерв», когда параллельно работает пара контроллеров с голосованием результатов, а аналогичная пара находится в горячем резерве.

В [5] помимо резервирования контроллеров также представлены схемы резервирования модулей ввода/вывода и датчиков, предложены структуры систем аварийного

включения и отключения с дублированной сетью и ПЛК.

Известно, что снижение надежности приводит к возрастанию потерь при отказах, а повышение надежности – увеличивает стоимость системы и затраты на ее эксплуатацию. В [6] подробно рассматривается экономический аспект резервирования.

Однако до сих пор в литературе не находит отражения численная оценка показателей надежности различных типов резервирования при проектировании сложных технических систем.

На основе анализа марковских моделей произведен выбор наилучшего типа резервирования системы с точки зрения расчета надёжности.

### Материалы и методы исследования

В автоматизированных системах поток отказов каждого узла формируется из суммы потоков отказов его составных элементов. Помимо этого возникновение отказа на определенном промежутке времени в целом не влияет на появление отказов в другом интервале, т.е. поток отказов автоматизированной системы можно рассматривать как пуассоновский.

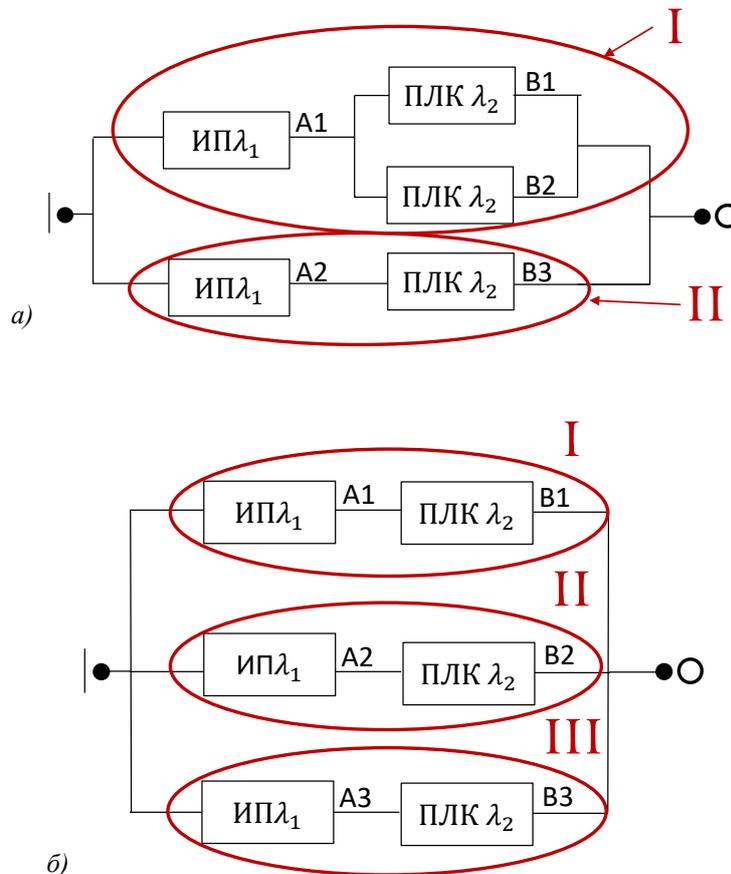


Рис. 1. Структурные схемы надежности

Экспоненциальное распределение типично для сложных объектов, состоящих из многих элементов с различным распределением наработки. Предположение о марковском характере переходов сложной системы обуславливается тем, что если каждый из элементов системы имеет приблизительно экспоненциальный закон распределения безотказной работы, то поведение всей системы может быть описано марковским процессом [7].

Сама методика моделирования по схеме непрерывных марковских процессов подробно описана в [8].

Предположим, что для обеспечения функционирования автоматизированной системы есть два варианта резервирования одного блока (рис. 1). В первом случае имеем смешанное резервирование с применением трех программно-логических контроллеров (ПЛК) и двух источников питания (ИП), а втором случае имеем троирование (три ПЛК и три ИП). В обоих случаях применяется горячее

резервирование. Значения интенсивностей отказов и интенсивностей восстановлений элементов будем брать по опыту эксплуатации систем с узлами-аналогами.

Представленные элементы (ПЛК и ИП) имеют одинаковые характеристики надежности внутри группы.

Составим графы переходов и состояний для каждой из представленных структур. Разобьем первую структурную схему (рис. 1, а) на два блока. Тогда граф для каждого из блоков будет выглядеть следующим образом (рис. 2).

Исходя из представленных графов, вероятность отказа блоков 1 и 2 можно представить как

$$Q_I = P_{011}(t) + P_{001}(t) + P_{100}(t) + P_{010}(t),$$

$$Q_{II} = P_{01}(t) + P_{10}(t).$$

Соответственно, вероятность безотказной работы первой структурной схемы будет равна  $P = 1 - Q_I \cdot Q_{II}$ .

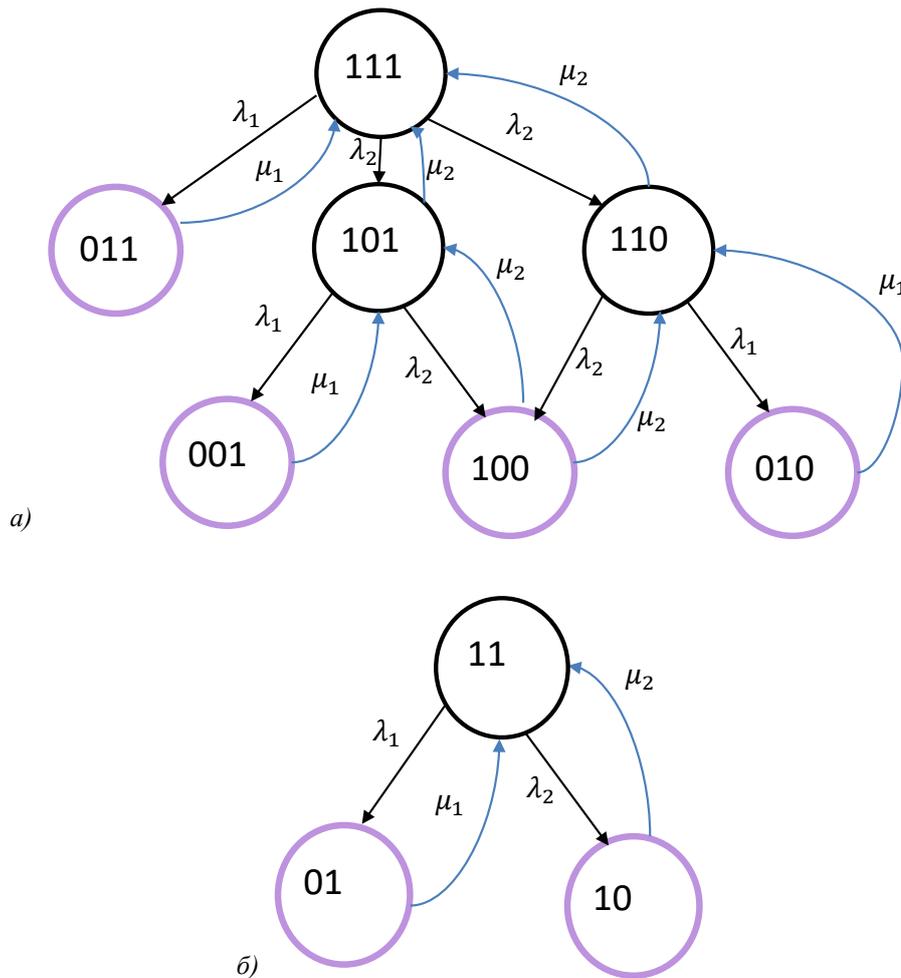


Рис. 2. Граф переходов и состояний для первой структурной схемы: а) блок I; б) блок II

Тогда система дифференциальных уравнений Колмогорова для блока 1 первой структурной схемы будет выглядеть следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_{111}(t)}{dt} = -(\lambda_1 + 2\lambda_2)P_{111}(t) + \mu_1 P_{011}(t) + \mu_2 P_{101}(t) + P_{011}(t) \\ \frac{dP_{011}(t)}{dt} = -\mu_1 P_{011}(t) + \lambda_1 P_{111}(t) \\ \frac{dP_{101}(t)}{dt} = -(\mu_2 + \lambda_1 + \lambda_2)P_{101}(t) + \lambda_2 P_{111}(t) + \mu_1 P_{001}(t) + \mu_2 P_{100}(t) \\ \frac{dP_{001}(t)}{dt} = -\mu_1 P_{001}(t) + \lambda_1 P_{101}(t) \\ \frac{dP_{100}(t)}{dt} = -2\mu_2 P_{100}(t) + \lambda_2 (P_{101}(t) + P_{110}(t)) \\ \frac{dP_{110}(t)}{dt} = -(\mu_2 + \lambda_1 + \lambda_2)P_{110}(t) + \lambda_2 P_{111}(t) + \mu_2 P_{100}(t) + \mu_1 P_{010}(t) \\ \frac{dP_{010}(t)}{dt} = -\mu_1 P_{010}(t) + \lambda_1 P_{110}(t) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\begin{aligned} P_{111}(t) + P_{011}(t) + P_{101}(t) + P_{001}(t) + P_{100}(t) + P_{110}(t) + P_{010}(t) &= 1 \\ P_{111}(0) &= 1 \end{aligned}$$

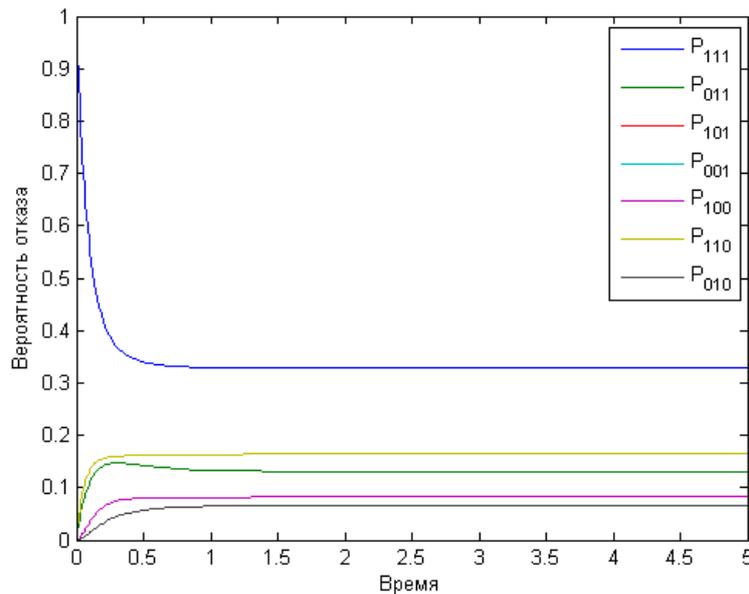


Рис. 3. Графическое решение системы (1) для блока 1 первой структурной схемы

Определим начальные условия:

$$\begin{aligned} P_{011}(0) &= P_{101}(0) = 0 \\ P_{001}(0) &= P_{100}(0) = 0 \\ P_{110}(0) &= P_{010}(0) = 0 \end{aligned}$$

Для приведённой системы дифференциальных уравнений зададим значения пара-

метров интенсивности отказа и восстановления:  $\lambda_1 = 2$ ,  $\lambda_2 = 3$ ;  $\mu_1 = 5$ ,  $\mu_2 = 6$ .

Решение осуществим в математическом пакете моделирования, используя численные методы. Графически решение на рис. 3.

Составим систему дифференциальных уравнений Колмогорова для блока 2 первой структурной схемы для нахождения вероятностей системы.

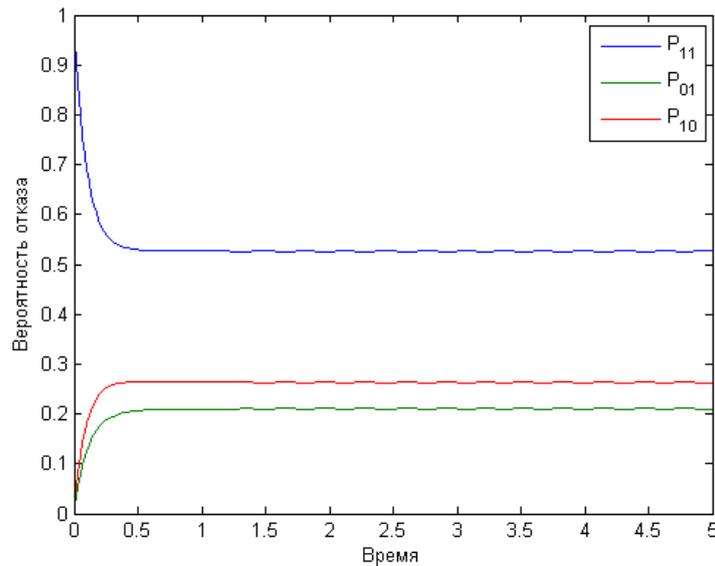


Рис. 4. Графическое решение системы (2) для блока 2 первой структурной схемы

$$\begin{cases} \frac{dP_{11}(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2)P_{11}(t) + \mu_1 P_{01}(t) + \mu_2 P_{10}(t) \\ \frac{dP_{01}(t)}{dt} = -\mu_1 P_{01}(t) + \lambda_1 P_{11}(t) \\ \frac{dP_{10}(t)}{dt} = -\mu_2 P_{10}(t) + \lambda_2 P_{11}(t) \end{cases} \quad (2)$$

$$P_{11}(t) + P_{01}(t) + P_{10}(t) = 1.$$

Определим начальные условия:

$$P_{11}(0) = 1; P_{01}(0) = P_{10}(0) = 0.$$

Тогда при тех же исходных данных получим следующее графическое решение системы уравнений (2) (рис. 4).

Рассмотрим вторую структурную схему (рис. 1, б). Данную схему целесообразно разбить на три блока. Для всех блоков получится одинаковый граф состояний (рис. 2, б). Получим идентичную систему уравнений второму блоку первой структуры (2).

Произведем расчет вероятности безотказной работы первой и второй структурной схемы.

Вероятность безотказной работы структурной схемы 1:  $P1 = 1 - Q_I \cdot Q_{II} = 0,837$ .

Вероятность безотказной работы структурной схемы 2:

$$P2 = 1 - Q_I \cdot Q_{II} \cdot Q_{III} = 1 - Q_I^3 = 0,9592.$$

### Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, получаем наглядную разницу в значениях вероятности безотказ-

ной работы двух схем резервирования. Выбор той или иной структуры должен базироваться на всестороннем анализе объекта управления, который будет учитывать все факторы его функционирования.

В статье рассмотрен вопрос о возможных вариантах резервирования управляющих элементов автоматизированных систем. Проведен сравнительный анализ двух структурных схем управления технологическим процессом и осуществлен расчет надежности на базе марковских процессов, который дает возможность оценить уровень надежности проектируемой автоматической системы управления.

### Список литературы

- ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 30 с.
- Reddy Bharadwaj Concept of Redundancy in Control Systems. URL: <https://instrumentationtools.com/concept-of-redundancy-in-control-systems/> (дата обращения: 16.09.2022).
- Голубев А.В. Автоматизированные информационно-управляющие системы электростанций: учебное пособие. М. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 180 с.
- Шишов О.В. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2020. 396 с.
- Денисенко В.В. Аппаратное резервирование в промышленной автоматизации // Современные технологии автоматизации. 2008. № 2 (20). С. 90–99.
- Бочкарев С.В., Цаплин А.И., Схиртладзе А.Г. Диагностика и надежность автоматизированных технологических систем. Старый Оскол: ТНТ, 2016. 616 с.
- Белюсова М.В., Булатов В.В., Смирнов Н.В. Оценка параметра потока отказов вагонокомплекта дверей пассажирского поезда // Надежность. 2021. № 3 (21). С. 20–26.
- Голикевич Т.А. Прикладная теория надежности. М.: Высшая школа, 1977. 160 с.

УДК 62-932.4

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОЗОНАТОР ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Вендин С.В., Мануйленко А.Н.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»,  
п. Майский, e-mail: elapk@mail.ru, manuylenko\_an@bsaa.edu.ru

Современное животноводство и птицеводство перешли на технологию выращивания в закрытых производственных помещениях. Следовательно, основными задачами аграрного производства являются обеспечение и поддержание зоотехнических и ветеринарно-санитарных норм качества воздушной среды в целях соблюдения ограничительных мер и профилактики распространения заразных болезней животных. В данной работе к рассмотрению предлагается разработанная конструкция электрического озонатора, работающего на основе коронирующего разряда, для улучшения показателей качества воздушной среды в производственном помещении. Новизной устройства является излучатель. Конструкция разработанного излучателя предусматривает регулировку воздушного зазора между керамическими основаниями и электродами, благодаря чему обеспечивается регулировка производительности по озону. Достоинствами предлагаемой конструкции электрического озонатора воздуха представляются обеспечение надежности работы за счет отключения в случае перегрева и критической концентрации озона внутри помещения в одном месте за счет флюгера, датчиков озона и температуры блока центрального управления. На основе экспериментальных исследований выявлена зависимость влияния конструктивных параметров электроозонатора на изменение концентрации озона. Установлено, что концентрация озона возрастает с увеличением напряжения и уменьшением расстояния разрядного промежутка, что соответствует общим теоретическим положениям. Выявлено, что для предлагаемой конструкции электроозонатора наибольшие значения концентрации озона (до 10 мг/м<sup>3</sup>) можно получить при напряжении 30 кВ и разрядном промежутке 25 мм.

**Ключевые слова:** производственное помещение, воздушная среда, качество воздуха, оздоровление, озон, озонирование, электроозонатор, коронный разряд

## ELECTRIC AIR OZONATOR BASED ON CORONA DISCHARGE FOR LIVESTOCK PREMISES

Vendin S.V., Manuilenko A.N.

Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin, Maiskiy,  
e-mail: elapk@mail.ru, manuylenko\_an@bsaa.edu.ru

Modern animal husbandry and poultry farming has switched to the technology of growing in closed production premises. Consequently, one of the main tasks of agricultural production is to ensure and maintain zootechnical and veterinary-sanitary standards of air quality, for restrictive measures and prevention of the spread of infectious animal diseases. The developed design of an electric ozonator operating on the basis of a corona discharge is proposed to improve the quality of the air environment in the production room. The distinctive novelty of the device is the radiator. The design of the developed radiator provides for the adjustment of the air gap between the ceramic bases and the electrodes, which ensures the adjustment of ozone performance. The advantages of the proposed design of an electric air ozonator are to ensure reliable operation by disconnecting in case of overheating and critical concentration of ozone indoors in one place due to a weather vane, ozone and temperature sensors, and a central control unit. On the basis of experimental studies, the dependence on the influence of the design parameters of the electric detonator on the change in ozone concentration was revealed. It is established that the concentration of ozone increases with increasing voltage and decreasing the distance of the discharge gap, which corresponds to the general theoretical provisions. It is revealed that for the proposed design of the electric detonator, the highest values of ozone concentration (up to 10 mg / m<sup>3</sup>) can be obtained at a voltage of 30 kV and a discharge interval of 25 mm.

**Keywords:** industrial premises, air environment, air quality, health improvement, ozone, ozonation, electric detonator, corona discharge

Заболевания сельскохозяйственных животных серьезно ограничивают продуктивность животных и развитие животноводства, чем значительно дестабилизируют экономическое развитие сельскохозяйственных регионов страны. Установлено, что наибольшую опасность с точки зрения заражения сельскохозяйственных животных представляет воздушная среда в помещении. В случае возникновения заражения животных болезнетворными микроорганизмами воз-

никает опасность эпидемии, приводящей к ежегодному ущербу, причиняемому животноводству болезнями и падежом, порядка 15–20% от стоимости продукции. Поэтому разработка технических средств, способствующих улучшению показателей качества воздушной среды в производственном помещении, является актуальной научной задачей [1–3].

В настоящее время применяются следующие способы регулирования качества

воздушной среды в производственных помещениях: *механический, физический, химический, биологический, комбинированный*. Одним из эффективных способов оздоровления и улучшения газового состава воздушной среды является озонирование. При этом свою технологическую эффективность доказали электроозонаторные установки, реализующие различные физические принципы получения озона, в том числе и работающие на основе коронирующего разряда [3–7].

Цель исследования и научная новизна представленных исследований состоит в разработке конструкции электрического озонатора для улучшения показателей качества воздушной среды и санитарного состояния производственных помещений. При этом задачи исследований включали: анализ известных технических решений, разработку конструкции электрического озонатора воздуха, работающего на основе коронирующего разряда, а также проведение теоретических и экспериментальных исследований.

#### Материалы и методы исследования

Методология исследований предполагала использование методов патентного поиска, теории процессов электроозонирования, методов математической статистики и планирования эксперимента применительно к электрофизическим способам улучшения показателей качества воздушной среды в производственных помещениях, а также методов регрессионного анализа с графическим представлением результатов эксперимента.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В представленных исследованиях в качестве прототипа была выбрана электроозонаторная установка, работающая на основе коронирующего разряда и состоящая из источника высокого напряжения, электродов и вентилятора [8]. Недостатками данной установки являются отсутствие защиты от включения и выключения устройства в случае отказа работы вентилятора или выхода из строя генератора высокого напряжения, а также низкая надежность электродов из-за коаксиального расположения их с диэлектриком, что может привести к пробоем электрического разряда непосредственно на корпус установки.

Поэтому для исключения имеющихся недостатков в ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ на кафедре «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» была

разработана новая конструкция излучателя электроозонатора на коронном разряде. Излучатель выполнен в виде двух керамических оснований с закрепленными на них вольфрамовыми электродами, на одном основании – в виде сетки, имеющей сотовую форму ячейки, на другом – в виде иглы. Конструкция разработанного излучателя предусматривает регулировку воздушного зазора между керамическими основаниями и электродами, благодаря чему обеспечивается регулировка производительности излучателя на одном источнике высокого напряжения [9–11]. Схема и внешний вид излучателя представлены на рисунке 1.

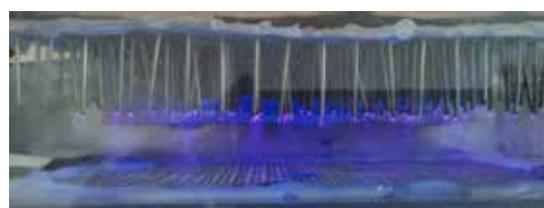
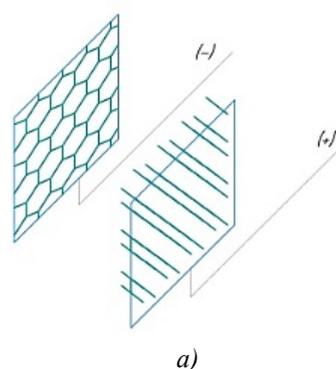


Рис. 1. Схема (а) и внешний вид (б) излучателя

Общая технологическая схема конструкции электрического озонатора воздуха, работающего на основе коронирующего разряда, представлена на рисунке 2.

В качестве регулируемого генератора высокого напряжения используется импульсный источник. На конденсаторах развивается удвоенное амплитудное значение входного напряжения. Соответственно, конденсаторы и диоды схемы могут быть рассчитаны на необходимое напряжение. Выходящее напряжение генератора высокого напряжения определяется по следующей формуле:

$$U_{\text{вых}} = n \cdot U_{\text{вх}}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество каскадов, шт;

$U_{\text{вх}}$  – входящее напряжение на умножитель,  $U_{\text{вх}} = 220$  В.

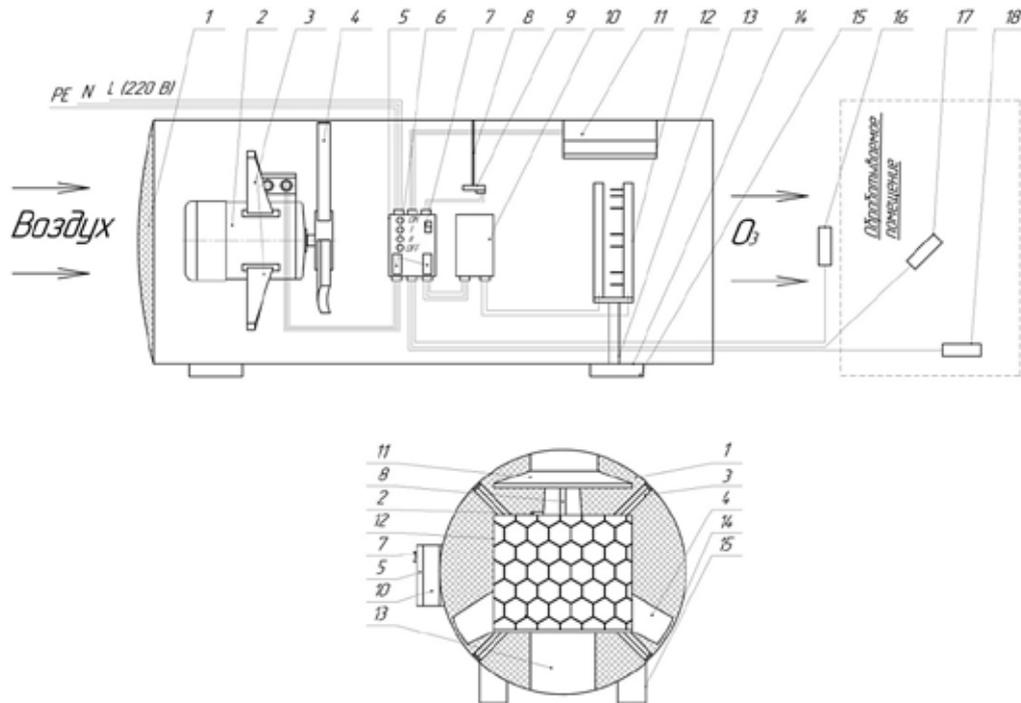


Рис. 2. Конструкция электрического озонатора воздуха, работающего на основе коронирующего разряда:

- 1 – защитная сетка; 2 – электродвигатель; 3 – лапки крепления электродвигателя; 4 – лопасти вентилятора; 5 – блок управления; 6 – предохранители; 7 – кнопка включения/выключения; 8 – кронштейн крепления; 9 – вакуумный флюгер; 10 – регулируемый генератор высокого напряжения; 11 – компрессор; 12 – излучатель; 13 – кронштейн крепления; 14 – озоноустойчивый корпус; 15 – прорезиненные ножки; 16 – датчик озона; 17 – датчик контроля озона; 18 – датчик контроля температуры воздуха

В соответствии с (1) для обеспечения выходного напряжения 20000–30000 В необходимо задействовать от 90 до 140 выходных каскадов. Конструкция электроозонатора позволяет обеспечить высокую производительность по озону. Компактность конструкции и возможность изменения числа модулей излучателя создают перспективу для изготовления как высокопроизводительных, так и малогабаритных маломощных переносных озонирующих устройств.

Производительность устройства по озону должна увязываться с производительностью системы вентиляции. Максимальный часовой расход озона при использовании принудительной вентиляции можно определить по формуле:

$$M_{O_3} = (L_B \cdot q_{O_3, max}) / k_{O_3}, \quad (2)$$

где  $L_B$  – подача воздушных масс в производственное помещение, м<sup>3</sup>/ч;

$q_{O_3, max}$  – максимальная расходная доза озона, мг/м<sup>3</sup>;

$k_{O_3}$  – коэффициент эффективности использования озона.

Ниже на рисунке 3 приведена расчетная поверхность максимального часового расхода озона при максимальной расходной дозе озона 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3 мг/м<sup>3</sup>.

Анализ приведенной расчетной поверхности показывает, что величина максимального часового расхода озона возрастает с увеличением подачи и максимальной расходной дозы озона.

Для проведения экспериментальных исследований был разработан и изготовлен опытный образец электрического озонатора воздуха, работающего на коронном разряде. Общий вид установки показан на рисунке 4.

На базе опытного образца электрического озонатора и комплекта электроизмерительных приборов был создан экспериментальный стенд для проведения исследований по выявлению взаимосвязи между техническими и электрическими параметрами работы озонатора и технологическими параметрами, определяющими процесс озонирования, включая концентрацию озона на выходе из рабочей зоны озонатора. Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда представлена на рисунке 5.

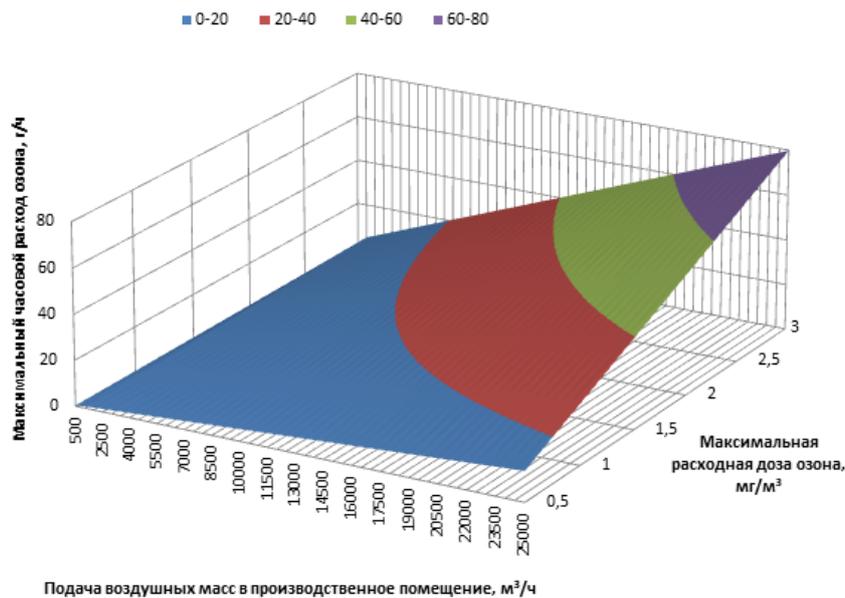


Рис. 3. Расчетная поверхность максимального часового расхода озона



Рис. 4. Разработанный опытный образец электрического озонатора воздуха на коронном разряде

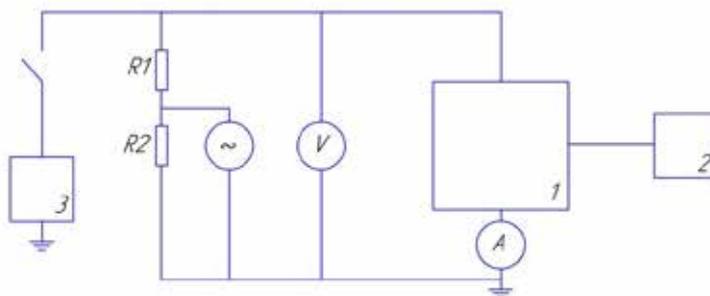


Рис. 5. Схема экспериментального стенда:

1 – электрический озонатор воздуха; 2 – анализатор озона; 3 – генератор высокого напряжения; R1; R2 – делитель напряжения; ~ – осциллограф; V – вольтметр; A – амперметр

Экспериментальные исследования работы электрического озонатора проводились в соответствии с реализацией плана второго порядка Коно для 2-факторного эксперимента.

В качестве целевой функции была принята концентрации озона (мг/м³) в воздушной среде. Основные воздействующие факторы при проведении эксперимента представлены в таблице 1 [12].

Таблица 1

Целевая функция и основные воздействующие факторы эксперимента

Факторы	Кодированное значение фактора					Интервал варьирования
	-1	-0,5	0	+0,5	+1	
Напряжение на излучателе, кВ	20	22,5	25	27,5	30	2,5
Разрядный промежуток, мм	25	27,5	30	32,5	35	2,5

Таблица 2

Результаты эксперимента (с учетом дублирования опытов)

№	$X_1$	$X_2$	$Y_{1n}$	$Y_{2n}$	$Y_{3n}$	$Y_{4n}$	$Y_{cp}$	$S_n^2$	$S_{n1}^2$	$S_{n2}^2$	$S_{n3}^2$	$S_{n4}^2$
1	-	-	3,22	2,91	3,63	2,63	3,098	0,5522	0,015	0,0352	0,2836	0,2186
2	+	-	0,09	0,12	0,16	0,18	0,138	0,0048	0,0023	0,0003	0,0005	0,0018
3	-	+	9,71	9,18	8,71	9,96	9,390	0,9338	0,1024	0,0441	0,4624	0,3249
4	+	+	3,82	3,28	4,22	3,48	3,700	0,5096	0,0144	0,1764	0,2704	0,0484
5	-	0	6,12	6,38	6,92	5,83	6,313	0,6435	0,0371	0,0046	0,3691	0,2328
6	+	0	1,7	1,85	2,4	1,6	1,888	0,3819	0,0352	0,0014	0,2627	0,0827
7	0	-	1,65	2,15	1,48	2,32	1,900	0,4778	0,0625	0,0625	0,1764	0,1764
8	0	+	7,85	7,35	8,2	6,97	7,593	0,8817	0,0663	0,0588	0,3691	0,3875
9	0	0	4,85	5,34	4,38	4,29	4,715	0,7017	0,0182	0,3906	0,1122	0,1806

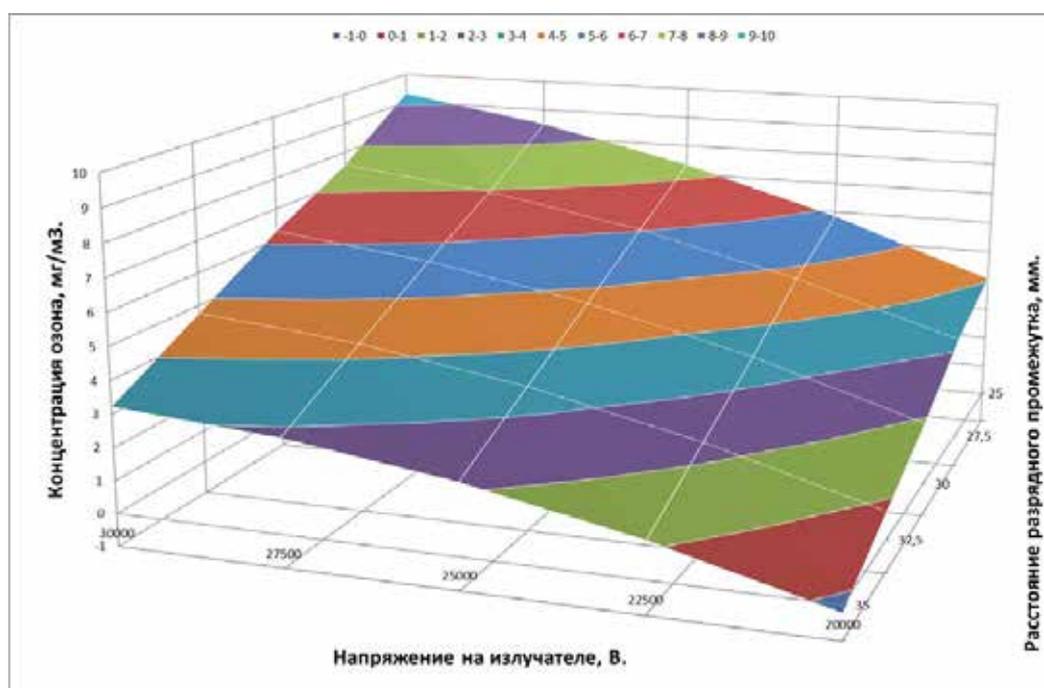


Рис. 6. Изменение концентрации озона в зависимости от натуральных значений напряжения на излучателе и расстояния разрядного промежутка

Проведение эксперимента происходило при следующих условиях: площадь излучателя: 180 см<sup>2</sup>; диаметр игольчатого электрода: 2 мм; размер ячейки сетчатого электрода: 3,5х3,5 мм; температура воздуха: 21°C; влажность воздуха: 64%;

скорость воздушных масс: 0,5 м/с.; продолжительность работы между замерами: 20 мин. Результаты эксперимента (с учетом дублирования опытов) представлены в таблице 2. Данные заполняются согласно расчетной матрице.

Полученная по экспериментальным данным математическая модель влияния напряжения на излучателе, кВ ( $x_1$ ), и разрядного промежутка между электродами, мм ( $x_2$ ), на концентрацию озона ( $\text{мг/м}^3$ ) ( $y$ ) в кодированных переменных имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{11}x_1^2, \quad (3)$$

где  $b_0 = 4,74$ ,  $b_1 = -2,18$ ,  $b_2 = 2,59$ ,  $b_{1,2} = -0,46$ ,  $b_{11} = -0,6483$  – коэффициенты регрессионного уравнения.

Коэффициенты уравнения являются значимыми, адекватность модели удовлетворяет критерию Фишера ( $F_{\text{рас}} = 2,88 \leq F_{\text{табл}} = 3,16$ ). На рисунке 6 представлена построенная по уравнению (3) расчетная поверхность изменения концентрации озона в зависимости от натуральных значений напряжения на излучателе и расстояния разрядного промежутка.

Согласно приведенной поверхности следует отметить, что концентрация озона возрастает с увеличением напряжения и уменьшением расстояния разрядного промежутка, что согласуется с общими теоретическими положениями об образовании озона при коронном разряде. Установлено также, что для исследуемой конструкции электроозонатора наибольшие значения концентрации озона (до  $10 \text{ мг/м}^3$ ) достигаются при напряжении 30 кВ и воздушном промежутке 25 мм. Увеличение напряжения и уменьшение воздушного промежутка приводят к нарушению озонообразования с переходом в обыкновенный электрический разряд, что недопустимо.

### Заключение

Получены новые результаты по разработке электрического озонатора для обеззараживания воздуха в животноводческих помещениях. На основе материалов исследований можно сделать следующие выводы.

Разработана конструкция электрического озонатора воздуха, работающего на основе коронирующего разряда, и системы озонирования воздуха, достоинствами которой являются: обеспечение надежности работы; защита от перегрева и критической концентрации озона внутри помещения в одном месте; обеспечение равномерности дезинфекции помещения.

При проведении экспериментальных исследований выявлена зависимость влияния конструктивных параметров электроозонатора на выход озона. Установлено, что концентрация озона возрастает с увеличением напряжения и уменьшением расстояния разрядного промежутка, что согласуется с общими теоретическими положениями об образовании озона при коронном разряде. Установлено, что для предлагаемой

конструкции электроозонатора наибольшие значения концентрации озона (до  $10 \text{ мг/м}^3$ ) можно получить при напряжении 30 кВ и воздушном промежутке 25 мм. Увеличение напряжения и уменьшение воздушного промежутка приводят к нарушению озонообразования с переходом в обыкновенный электрический разряд, что недопустимо.

На основе проведенных экспериментальных исследований можно утверждать, что конструкция электрического озонатора в полной мере обеспечивает требуемые значения концентрации озона на выходе из озонатора. Применение разработанного электрического озонатора в системе вентиляции и кондиционирования будет способствовать улучшению показателей качества воздушной среды в производственном помещении.

### Список литературы

1. Афанасьев М.А., Копылова О.С., Ивашина А.В., Антоненко А.И. Технологии очистки озоном // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве 80-я научно-практическая конференция. Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2015. С. 32–37.
2. Сторчевой В.Ф., Чернов Р.Ю. Снижение потерь энергетических показателей электроозонаторов // Природообустройство. 2011. № 2. С. 95–98.
3. Бардакова Е.А., Андреянов С.А. Применение озонирования как наиболее экологического метода дезинфекции // Энергия будущего: В рамках рынка НТИ ЭНЕРДЖИНЕТ: сборник трудов научно-практической конференции молодых ученых электроэнергетического факультета. Ставрополь: АГРУС, 2021. С. 33–35.
4. Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.Е. Создание озонно-ионной воздушной среды в закрытых помещениях для содержания животных и птицы // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2019. № 3 (91). С. 35–39.
5. Сторчевой В.Ф., Компаниец А.Е. Применение озонатора-ионизатора на молочных фермах // Доклады ТСХА. 2019. С. 294–296.
6. Сторчевой В.Ф., Компаниец А.Е., Кабдин Н.Е. Исследование параметров и режимов работы озонатора-ионизатора для молочных ферм // Агроинженерия. 2020. № 3 (97). С. 50–54.
7. Горбатовский Е.С., Вендин С.В. Применение электроозонирования воздуха в птичнике // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: материалы Международной студенческой научной конференции. Майский: Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. С. 48.
8. Лебедев Д.В., Кузьменко П.С., Якименко М.О., Лебедев И.Д. Озонатор // Патент РФ № 2523805. Патентообладатель ФГБОУ ВПО Кубанский ГАУ. 2014. Бюл. № 21. 5 с.
9. ГОСТ 31829-2012. Оборудование озонаторное. Требования безопасности. Введ. 01 января 2014. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.
10. Мануйленко А.Н., Вендин С.В. Электрический озонатор воздуха // Патент РФ № 205379. Патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. 2021. Бюл. № 20. 5 с.
11. Мануйленко А.Н., Вендин С.В. Электрический озонатор воздуха // Патент РФ № 204184 Патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. 2021. Бюл. № 14. 6 с.
12. Баженов В.И., Стрельченко А.Н. Основы планирования и моделирования в теории инженерного эксперимента. М.: МАИ, 1983. 59 с.

УДК 004.942

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО ФИЛЬТРО-ВЫТЯЖНОГО ЗОНТА ДЛЯ УЛАВЛИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ

Марков Н.А., Угорова С.В.

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир,  
e-mail: mnikita.markovm@gmail.com, ughorova@mail.ru*

Проведено исследование работы фильтро-вытяжного зонта для улавливания загрязненных конвективных потоков при горении свеч в храмах-памятниках: теоретический расчет необходимых параметров удаляемого воздуха; исследование движения воздушных потоков с помощью математического моделирования. При горении свечей в храмах-памятниках образуются продукты сгорания (углеродсодержащие аэрозоли, сажа, копоть), которые негативно влияют не только на самочувствие прибывающих внутри людей, но и на памятную древнюю живопись, фрески. Существуют местные вентиляционные устройства для удаления вредных веществ, которые транспортируются по сети воздуховодов непосредственно в атмосферу. Для помещений, в которых нарушение внутреннего интерьера невозможно, необходима система удаления и фильтрации воздуха от источника вредных выделений. Для разработки конструкции выполнен патентный обзор вентиляционных устройств для удаления загрязненного воздуха. Настоящая работа направлена на оценку возможности применения разрабатываемого устройства в храмах-памятниках. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: 1) определить эффективность разработанной полезной модели; 2) определить основные параметры удаляемого воздуха и развитие конвективного потока над источником тепловыделений; 3) оценить эффективность улавливания вредных выделений разработанным устройством.

**Ключевые слова:** вытяжной зонт, местная вентиляция, удаление и фильтрация воздуха, подсвечник, математическое моделирование

## EVALUATION DESIGNED FILTRATION EXHAUST HOOD TO CAPTURE CONTAMINATED CONVECTIVE STREAM

Markov N.A., Ugorova S.V.

*Vladimir State University, Vladimir, e-mail: mnikita.markovm@gmail.com, ughorova@mail.ru*

The results of experimental studies of functioning filtration exhaust hood to capture contaminated convective stream while burning a candles in memorial churches: theoretical calculation of the required parameters of the exhaust air, study of the movement of removed flows using mathematical modeling. Burning candles in memorial churches form combustion products (carbon-containing aerosols, soot) negatively effect on people inside and a memorable murals with the fresco. There are local exhaust ventilation system for pollutant removing, transported through a network of air ducts into the atmosphere. It is necessary to create a system for removing and filtering air from the source of harmful emissions inside premises, in which it is impossible to disturb the interior. A patent review of ventilation devices for the removal of polluted air was carried out for design development. This work is aimed at evaluating the possibility of using the developed device in memorial temples. To achieve this goal, the following tasks were set: 1) determine the effectiveness of the developed utility model; 2) determine the main parameters of the removed air and the development of the convective flow over the heat source; 3) to evaluate the effectiveness of trapping harmful emissions by the developed device.

**Keywords:** exhaust hood, local exhaust ventilation system, exhaust and air filtering, candlestick, mathematical modeling

При горении свечей в храмах-памятниках образуются продукты сгорания (углеродсодержащие аэрозоли, сажа, копоть), которые негативно влияют не только на самочувствие прибывающих внутри людей, но и на памятную древнюю живопись, фрески. Существуют местные вентиляционные устройства для удаления вредных веществ, которые транспортируются по сети воздуховодов непосредственно в атмосферу. Для помещений, в которых нарушение внутреннего интерьера невозможно, необходима система удаления и фильтрации воздуха от источника вредных выделений.

Для разработки конструкции выполнен патентный обзор вентиляционных устройств для удаления загрязненного воздуха. По его результатам были выделены:

вихревой местный отсос [1], недостатками которого являются неравномерность скоростей всасывания воздуха, неэффективное использование пространства между конусами, увеличение веса конструкции, наличие расширения по ходу воздушного потока, которое снижает скорость потока и способствует налипанию загрязнений; вытяжной кожух [2], недостатками которого являются сложность конструкции и снижение эффективности работы вытяжного зонта из-за неравномерности всасывания; вытяжные зонты [3, 4], недостатком которых является невозможность их установки без вытяжного воздуховода, нарушающего внутренний интерьер помещения и требующего устройства вентиляционных отверстий в перекрытиях или стенах.

Настоящая работа направлена на оценку возможности применения разрабатываемого устройства в храмах-памятниках.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить эффективность разработанной полезной модели;
- определить основные параметры удаляемого воздуха и развитие конвективного потока над источником тепловыделений;
- оценить эффективность улавливания вредных выделений разработанным устройством.

### Материалы и методы исследования

Теоретический расчет размеров корпуса и целесообразности применения вытяжного зонта для удаления загрязненного воздуха проводился по методике расчета местных вытяжных устройств (рис. 5) [5]. Для расчета производительности устройства учитывались тепловыделения от горящих свечей как тепловыделения от нагретых поверхностей по методике расчета горячих конвективных потоков [6, 7].

Для оценки эффективности применения разработанной конструкции вытяжного зонта проведено математическое моделирование с помощью программного комплекса SolidWorks с разделом вычисления потока газа FlowSimulation, основанное на методе конечных объемов. (серийный номер: 9710 0250 0354 3538 JGWC T8N8, сетевая лицензия: 25735).

Для расчета учтены движение окружающего воздуха внутри помещения, влияющего на сбивание восходящих от свечей потоков газа при горении, перемещение поверхностей тепловыделений от свечи во время ее сгорания, а также характеристики производительности подобранных вентиляторов для назначения граничных условий.

*Проведение математического расчета.* Для построенной модели (рис. 1) разработанного вытяжного зонта (внешний корпус – нижнее основание 310x310 мм, верхнее основание 150x150 мм, внутренний корпус – нижнее основание 200x200 мм, верхнее 100x100 мм) и подсвечника с установленными в столешницу диаметром 200 мм, удаленную на расстояние 450 мм от нижней кромки зонта, свечами длиной 300 мм были заданы граничные условия:

I рода – для параметров вентилятора (объемный расход на входе и выходе  $L=0,0041 \text{ м}^3/\text{с}$ ), для параметров окружающего воздуха (температура  $T = 18^\circ\text{C}$ , давление  $P = 101333 \text{ Па}$ );

II рода – условие градиента бесконечности на границах расчетной области по давлению, температуре и скорости, условия течения окру-

жающего воздуха  $u_{\text{в}} = \text{const} = 0.2 \text{ м/с}$  вдоль оси X, движение столешницы под свечи  $v = -0,083 \text{ м/с}$  вдоль оси Y;

III рода – тепловыделения для верхних граней цилиндра свечи  $Q = 75 \text{ Вт}$  [8] (8 шт.).

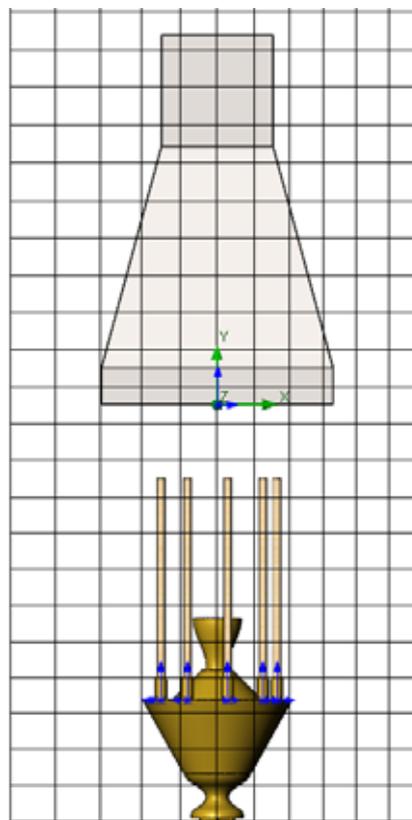


Рис. 1. Расчетная область с построенными моделями вытяжного устройства и подсвечника

Установленное фактическое время 300 секунд, количество разбитых ячеек по текучей среде 30 708, твердой среде – 1 008, итераций более 7 000.

### Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке 2 показано движение газовых потоков в конечный момент времени расчета. Предполагается, что смещение потоков газа относительно оси расположения модели является результатом влияния движения окружающего воздуха. Это следует также из разницы подпора воздуха с разных сторон.

Принцип работы полезной модели вытяжного зонта (рис. 3) заключается в эжекции основного конвективного потока воздуха через внутренний корпус струей с большей кинетической энергией на выходе из межкорпусного пространства.

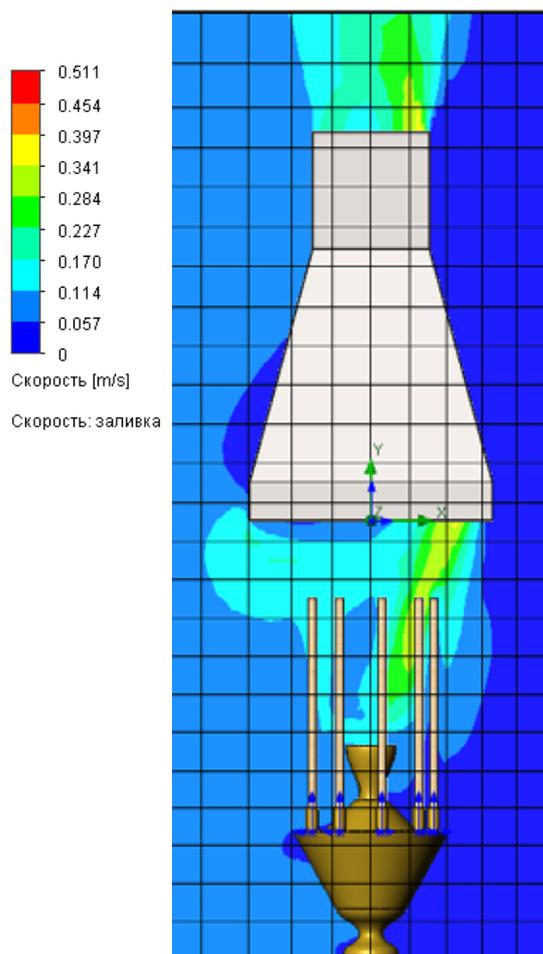


Рис. 2. Распределение скоростей в сечении

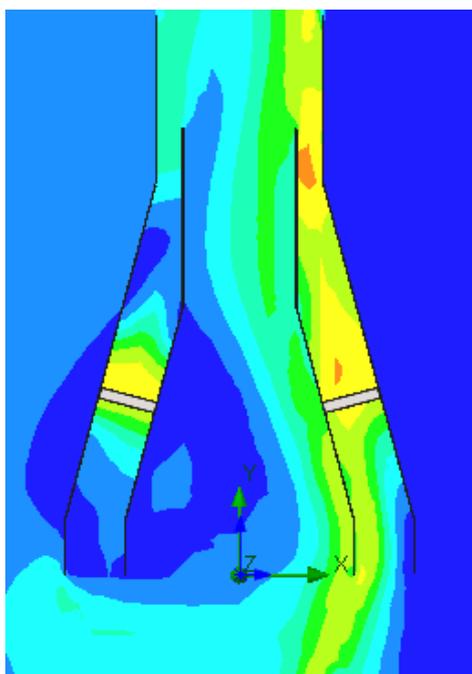


Рис. 3. Принцип работы полезной модели

На рисунке 3 видно, что скорость внутри корпуса  $u = 0,2$  м/с при смешении с удаляемым воздухом, выходящим из внешнего корпуса и приобретаемым большую скорость за счет работы вентиляторов, увеличивается до  $u = 0,4$  м/с.

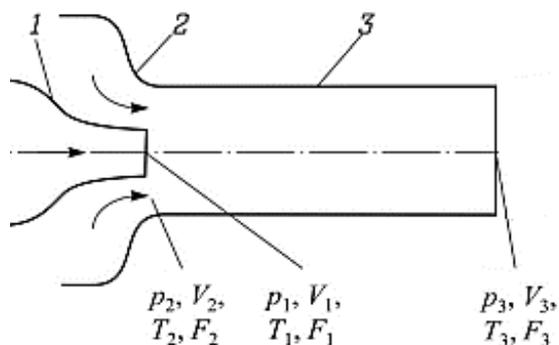


Рис. 4. Эжекция воздуха при 2 потоках с разными параметрами

Расчет эжекции воздуха производится по формуле (1) [9] с основой на типовой схеме смешения газовых потоков с различными скоростями при прохождении через кольцевые или прямоугольные отверстия (рис. 4).

$$G_3 = G_1 + G_2 \quad (1)$$

или

$$u_3 \cdot A_3 \cdot B_3 = u_1 \cdot A_1 \cdot B_1 + u_2 \cdot A_2 \cdot B_2$$

Теоретическая скорость воздуха в блоке смешения и фильтрации удаляемого воздуха  $u_3 = 0,311$  м/с. Исходя из полученных результатов математического моделирования, скорость в зоне смешения равна  $0,284-0,341$  м/с.

Неравномерность смешения потоков может быть связана с недостаточной длиной камеры смешения.

При определении размеров конструкции устройства (рис. 5) были рассчитаны скорость на входе в вытяжной зонт по формуле (2), которая зависит от тепловыделений ( $Q$ ), расстояния до кромки зонта ( $l$ ) и эквивалентного диаметра ( $d$ ).

$$v_1 = 0.068 \sqrt{Q \cdot \frac{l}{d^2}} \quad (2)$$

Осевая скорость воздуха на входе в вытяжной зонт, рассчитанная теоретическим путем, составляет  $v_1 = 1,16$  м/с.

В конечный момент времени расчета 300 секунд максимальная скорость воздуха на нижней кромке зонта составляет  $0,4$  м/с, что в 3 раза ниже теоретической. Это может объясняться тем, что горизонтально направленные струи воздуха сбивают удаляемый поток.

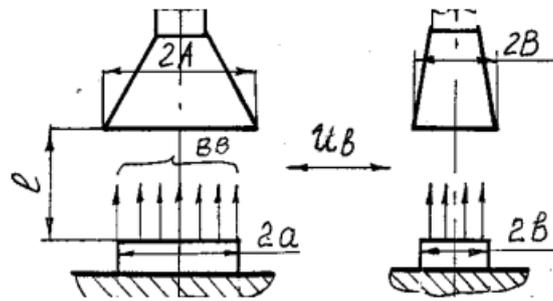


Рис. 5. Расчетная схема прямоугольного зонта

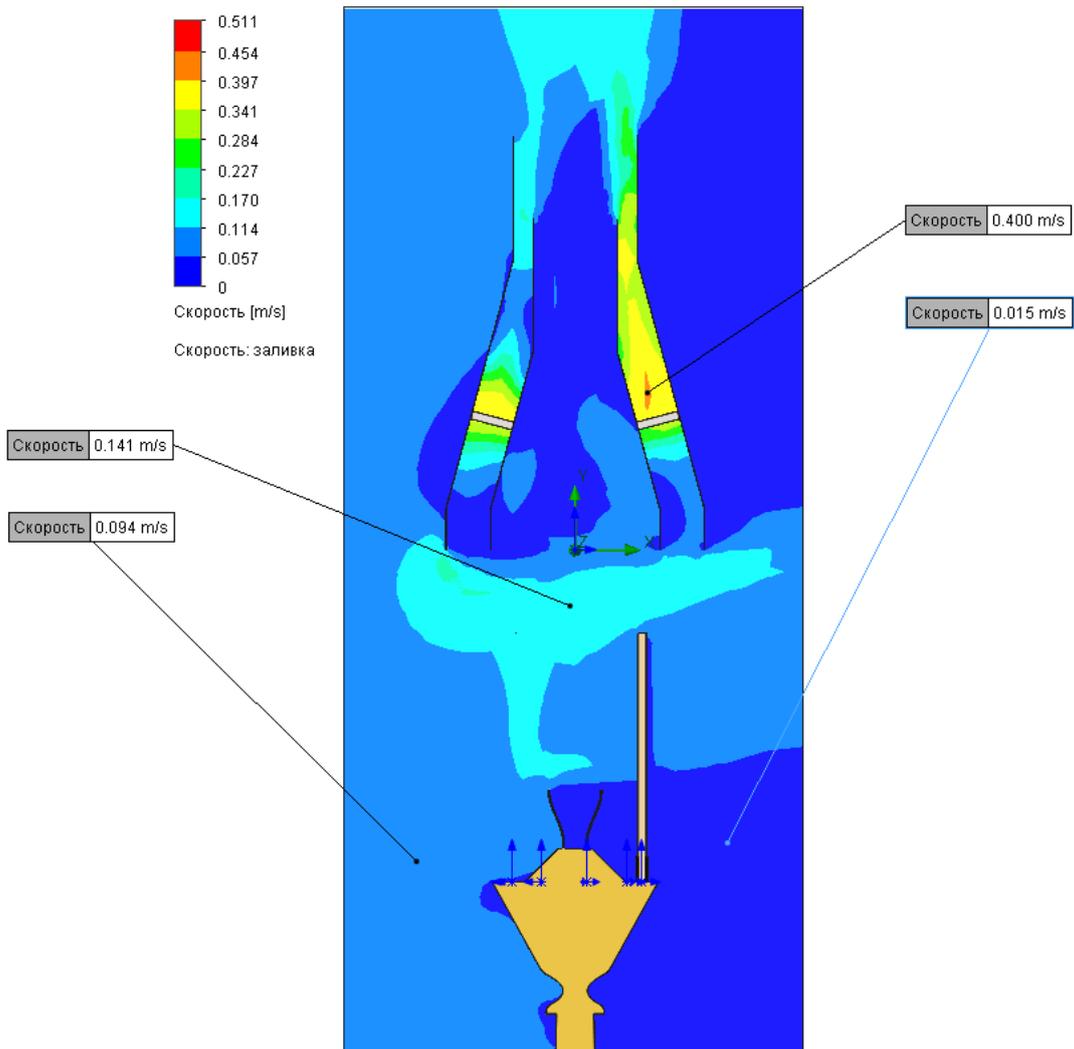


Рис. 6. Распределение скоростей в сечении на 10-й секунде

На рисунках 6–8 видно, что для стабилизации удаления воздуха при возможном движении окружающего воздуха необходимо 3 минуты. Это объясняется тем,

что вентиляторам требуется обеспечить воздухообмен межкорпусного пространства и уловить восходящие конвективные потоки.

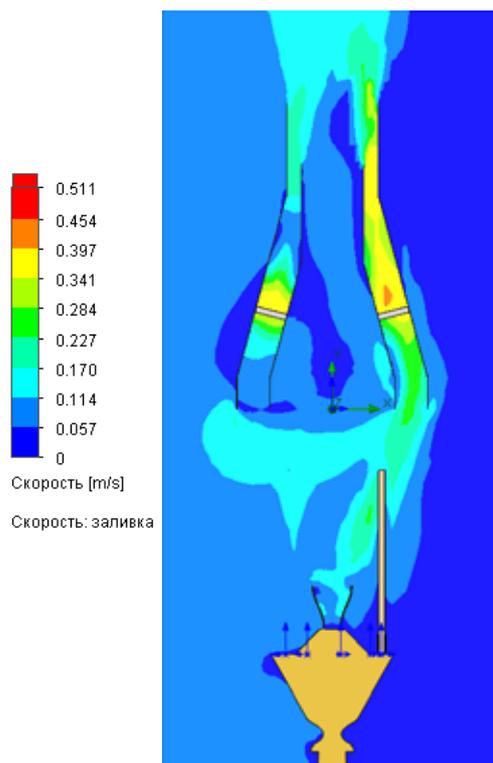


Рис. 7. Распределение скоростей в сечении на 180-й секунде

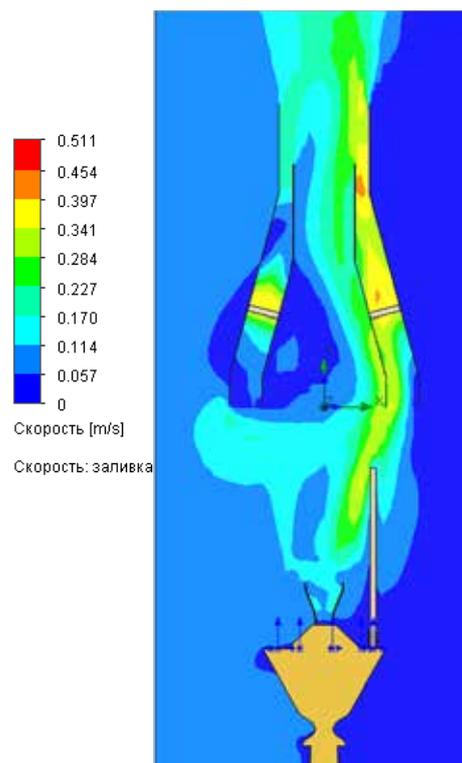


Рис. 8. Распределение скоростей в сечении на 300-й секунде

### Выводы

Анализ результатов оценки эффективности работы разработанной конструкции вытяжного зонта для удаления конвективных потоков показал, что:

- подвижность воздуха внутри помещения не влияет на работу устройства;
- эффективность работы вытяжного зонта подтверждена при помощи математического моделирования;
- тепловыделения от горящих свечей незначительно влияют на температуру удаляемых газов (на расстоянии 50–100 мм температура восходящих газов принимает температуру помещения);
- для стабилизации работы устройства необходим интервал времени (180 сек), за которое воздух в межкорпусном пространстве приобретает достаточную скорость для эжекции основного конвективного потока.

### Список литературы

1. Стариков В.А., Перевозкина А.Ю. Вытяжной зонт. Патент РФ № 2235609, Российская Федерация. Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тюменский государственный нефтегазовый университет. 2004.
2. Байгильдин Р.Р. Вытяжной кожух. Патент на полезную модель РФ № 202179, Российская Федерация. Патентообладатель: Байгильдин Радмир Радикович. 2021. Бюл. № 4.

3. Угорова С.В. Вытяжной зонт. Патент РФ № 201720. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение образования «Владимирский Государственный Университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ). 2022. Бюл. № 12.

4. Еремкин А.И., Аверкин А.Г., Пономарева И.К., Петрова К.А., Багдасарян А.Г. Подсвечник для культовых сооружений. Патент РФ № 208995. Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства». 2022. Бюл. № 3.

5. Стуров Д.С. Проектирование и расчет местной вентиляции машиностроительных производств: учебное пособие для студентов технических специальностей вузов и техникумов дневного, вечернего и заочного обучения; под ред. В.Ф. Мироненко. Барнаул: Изд-во АЛТ ГТУ, 2006. 210 с.

6. Павлов И.Н. Системы вентиляции промышленных помещений: методические рекомендации по проведению практических занятий по дисциплине «Цеховые климатические установки» для студентов направления подготовки 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий. Бийск: Изд-во АЛТ ГТУ, 2017. 72 с.

7. Сорокина Л.В. Сумарченкова И.А. Расчет вытяжной местной и общеобменной вентиляции: методические указания к выполнению практических работ / Под ред. Г.Н. Ягвина. Самара, 2017. 47 с.

8. Ерёмки А.И., Петрова К.А., Багдасарян А.Г., Пономарева И.К. Пути повышения качества микроклимата в зале богослужения Спасского кафедрального собора г. Пензы // Региональная архитектура и строительство. 2020. № 4. С. 121-130.

9. Евдокимов О.А., Веретенников С.В. Механика жидкости и газа: учебное пособие. Рыбинск: РГАТУ им. П.А. Соловьёва, 2017. 138 с.

УДК 62-50:681.51

## МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Ожогова Е.В., Лубенцова Е.В., Лубенцов В.Ф., Левченко В.И.

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,  
e-mail: vf.lubentsov@yandex.ru*

В статье рассмотрена методика решения задачи многокритериального выбора наилучшей программной платформы автоматизации технологических систем. Решение рассмотрено на основе поэтапного применения процедуры анализа иерархий. В качестве исходных данных на каждом этапе используются экспертные парные сравнения альтернатив по каждому заданному критерию. В основу методики положены систематизация критериев и системных требований к программному обеспечению (ПО) различных групп и метод анализа иерархий. Сформированные группы содержат критерии, наиболее близкие к требуемым и характеризующие наперед заданные свойства выбранного ПО. В методике использованы парные сравнения альтернатив с использованием девятибалльной шкалы и последующим ранжированием набора альтернатив по всем критериям и целям. Формально схема методики иерархического решения многокритериальной задачи заключается в следующем: разработчиком системы управления формируется набор некоторого числа вариантов (альтернатив) критериев (характеристик) программных комплексов, из которых производится выбор одного наиболее значимого для решаемой задачи. При низком уровне экспертных суждений, допущенном экспертом при заполнении матрицы, осуществляется пересмотр экспертных оценок. Для этого используется разработанный авторами алгоритм повышения согласованности матриц парных сравнений на основе корректировки их собственных значений. Положительным моментом данного алгоритма является отсутствие необходимости пересмотра всех значений матрицы для улучшения ее согласованности. На следующем этапе решается задача выбора программного комплекса, предпочтительного (оптимального) с точки зрения разработчика. Поскольку понятие «оптимальности» при многих критериях достаточно сложно, то при отсутствии математических моделей следует говорить о рациональном решении, под которым понимается близкое к оптимальному решению из сформированного набора допустимых вариантов (альтернатив).

**Ключевые слова:** многокритериальный выбор, программные средства, парные сравнения альтернатив, метод иерархического анализа альтернатив

## MULTI-CRITERIA SELECTION OF THE OPTIMAL SOFTWARE PACKAGE FOR CONTROL OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Ozhogova E.V., Lubentsova E.V., Lubentsov V.F., Levchenko V.I.

*Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: vf.lubentsov@yandex.ru*

The article considers the method of solving the problem of multi-criteria selection of the best software platform for automation of technological systems. The solution is considered on the basis of a step-by-step application of the analytic hierarchy process. Expert pairwise comparisons of alternatives for each given criterion are used as initial data at each stage. The methodology is based on the systematization of criteria and system requirements for software of various groups and the analytic hierarchy process. The formed groups contain criteria that are closest to the required ones and characterize the predetermined properties of the selected software. The methodology uses pairwise comparisons of alternatives using a nine-point scale and subsequent ranking of a set of alternatives according to all criteria and goals. Formally, the scheme of the methodology for the hierarchical solution of a multi-criteria problem is as follows: the developer of the control system forms a set of a certain number of options (alternatives) criteria (characteristics) of software complexes, from which one of the most significant for the problem solution is selected. With a low level of expert judgments made by an expert when filling out the matrix, expert assessments are reviewed. To do this, the algorithm developed by the authors is used to increase the consistency of the matrices of pairwise comparisons based on the correction of their eigenvalues. The positive aspect of this algorithm is that there is no need to revise all the values of the matrix to improve its consistency. At the next stage, the problem of choosing a software package that is preferable (optimal) from the point of view of the developer is solved. Since the concept of "optimality" is quite difficult under many criteria, in the absence of mathematical models, we should talk about a rational solution, which means a solution close to optimal from a formed set of acceptable options (alternatives).

**Keywords:** multi-criteria selection, software tools, pairwise comparisons of alternatives, analytic hierarchy process

В данное время имеется большое разнообразие программных сред (ПС), но нет методики их оценки и выбора наилучшей в каждом конкретном случае, в частности в задачах разработки систем управления технологическими процессами [1]. В большинстве случаев разработка алгоритмов управления технологическим оборудованием и процессами осуществляется с применением языка функциональных схем.

Недостатком его применения является отсутствие наглядности в динамике протекания процесса и функционировании оборудования.

Использование словесного описания при разработке алгоритмов программно-логического управления и формировании требований к выбору ПС может сопровождаться их неполнотой и противоречивостью. Отсутствие количественной оценки согла-

сованности высказанных суждений разработчиков (экспертов) относительно предпочтений того или иного ПС усугубляет ситуацию при создании системы управления со взаимосвязанными управляющими устройствами, реализуемыми коллективом разработчиков и программистов с использованием специфической технологии программирования. Из изложенного вытекает актуальность решения задачи многокритериального выбора программного инструментария для управления технологическим процессом и оборудованием с помощью проведения сравнительного анализа альтернатив и обеспечения повышения согласованности экспертных суждений.

Цель исследования заключается в обосновании применения метода сравнительного анализа для выбора комплекса ПС как задачи многокритериального выбора при разработке алгоритмов дискретного управления технологическим оборудованием.

Достижение поставленной цели требует формализации используемой качественной информации о предпочтительности того или иного локального критерия оптимальности из нескольких заданных и реализации алгоритма повышения согласованности экспертных суждений при решении задачи выбора вариантов, что является научной новизной предложенной методики многокритериального выбора ПО. Задача выбора ПО и сравнения возможных альтернатив решается с помощью экспертных суждений. Суждения экспертов должны быть согласованы, т.е. непротиворечивы. Для этого в данной статье используется разработанный нами метод согласованности матриц парных сравнений на основе компонент их максимальных собственных чисел [2]. При этом становится возможным обоснованное принятие оптимального варианта решения. Результатом решения задачи является выбранный конкретный тип ПС.

#### Материалы и методы исследования

Важной составляющей не поддающейся полной формализации процесса проектирования систем управления технологическим процессом и оборудованием является принятие решений. В данной работе, в частности, такой задачей является выбор конкретного типа программного комплекса. Сложность такой задачи обусловлена в первую очередь противоречивостью нескольких критериев, что приводит к необходимости использования некоторой схемы разумного компромисса, обеспечивающего гармоничное повышение качества решения по каждому частному критерию [3].

Задача выбора фирм-разработчиков ПС может быть корректно разрешена только на основе многокритериального подхода к принятию решений. Задача многокритериального выбора в данной работе сформулирована следующим образом. На первом этапе разработчиком системы управления сформирован набор некоторого числа вариантов (альтернатив) критериев (характеристик) программных комплексов, из которых требуется произвести выбор одного наиболее значимого для решаемой задачи [4]. Затем на следующем этапе решается задача выбора ПС, предпочтительного (оптимального) по отдельному частному критерию. При отсутствии математических моделей следует говорить о рациональном решении, под которым понимается близкое к оптимальному решение из сформированного набора допустимых вариантов (альтернатив).

Рассмотрим характеристики существующих на рынке автоматизации следующих ПС, не привязанных к конкретному технологическому оборудованию:

– ПС программирования программно-логических контроллеров (ПЛК) CoDeSys (аббревиатура от Controller Development System) является распространенной средой, в которой кроме пяти стандартных языков программирования (ЯП) ПЛК используется язык CFC (Continuous Function Chart) [5, 6];

– ПС LabView (аббревиатура от Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench), реализованная на основе графического ЯП «G», применяется для сбора и обработки данных, управления технологическими объектами и процессами, для реализации графических схем подключения оборудования и др. Принцип построения LabView близок к программной системе SCADA [7, 8];

– ПС ISaGRAF является программным продуктом, использующим аппаратно независимый генератор исполняемого кода и позволяющим осуществлять трансляцию проектов в программный код на языке «С» и получить полнофункциональный контроллер [9];

– ПС Multiprog является средой разработки программ логического управления с полным набором сервисов стандарта МЭК 61131-3 [10]. ПС базируется на операционной системе реального времени собственного производства (ProConOS) со средой программирования ОС Windows;

– ПС Open PCS является средой для разработки программ логического управления стандарта МЭК 61131-3, которая может быть использована производителями обо-

рудования для программирования контроллеров с помощью модуля поддержки ПЛК – SmartPLC [11]. Последняя версия ПС построена на базе технологии ISaGRAF, рассмотренной выше [9];

– ПС Simatic Step 7 является средой для выполнения комплекса работ по созданию и обслуживанию систем автоматизации на основе ПЛК Simatic S7-300 и Simatic S7-400 фирмы Siemens. В первую очередь это работы по программированию ПЛК с использованием трех ЯП стандарта МЭК 61131-3: LD – язык релейно-контактной логики; FBD – язык функциональных блочных диаграмм; ST – язык списка инструкций [12].

В табл. 1 приведены суждения и характеристики ПС, являющиеся информационными данными для построения матрицы парных сравнений, используемой для выбора рационального программного комплекса и приведенной в табл. 2.

Из анализа приведенных данных можно сделать вывод, что наличие нескольких характеристик не позволяет однозначно сделать свой выбор на конкретном ПС, принимаемым в качестве оптимальной альтернативы. Далее количественно проанализируем приведенные характеристики ПС, для чего произведем расчет значений приоритетов альтернатив и сведем в табл. 2 оценки для каждого ПС по шкале относительной важности [4].

Таблица 1

Характеристика ПС для разработки системы дискретного управления технологическим оборудованием

ПС	Характеристика				
	ОС	ЯП	Обеспечение совместимости с другими ПС ПЛК	Поддержка объектно-ориентированной парадигмы	Использование сервисов стандарта МЭК 61131
CoDeSys [5, 6]; ПР1	Windows	IL, ST, LD, FBD, CFC	трансляция в исполняемый код процессора	есть	есть полностью
LabView [8]; ПР2	Windows Mac OS, Linux	графический ЯП «G»	TCP/IP, UDP	нет	ограничено
ISaGRAF [9]; ПР3	Windows	IL, ST, LD, FBD, CFC	генерация исполняемого кода	нет	есть полностью
Multiprog [10]; ПР4	ProConOS	FBD, LD и IL	TCP/IP, UDP/IP	нет	есть полностью
Open PCS [11]; ПР5	Windows	IL, ST, CFC	генерация исполняемого кода	нет	ограничено
Simatic Step 7 [12]; ПР6	Windows	LD, FBD, STL	совместимости нет	есть	есть полностью

Таблица 2

Матрица парных сравнений альтернатив для выбора программной среды и значения приоритета альтернатив

Программная среда	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	Оценка компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета (ВП)
ПР1	1	7	7	9	3	5	4,332664	<b>0,478341</b>
ПР2	1/7	1	1/5	3	1/4	1/3	0,438846	0,04845
ПР3	1/7	5	1	7	2	3	1,762734	0,194612
ПР4	1/9	1/3	1/7	1	1/5	1/4	0,253368	0,027973
ПР5	1/3	4	1/2	5	1	3	1,467799	0,16205
ПР6	1/5	3	1/3	4	1/3	1	0,802284	0,088575
Сумма	1,930	20,333	9,176	29	6,783	12,583	9,057695	1,000001
$\lambda_{max} = 6,719$ ; ИС = 0,144; СС = 1,24; <b>ОС = 11,59</b>								

Из рассчитанных нормализованных оценок вектора приоритета (ВП) следует, что наибольшее значение при выборе программной среды принадлежит варианту ПР1 (47,8341%). Для проверки достоверности полученного результата необходимо проверить, что экспертные суждения при составлении матрицы парных сравнений альтернатив были непротиворечивы. Для этого рассчитываются индекс согласованности (ИС), случайная согласованность (СС) матрицы шестого порядка, равная 1,24 [4], и отношение согласованности (ОС). Контроль ОС – одна из процедур в реализации последовательности этапов решения задачи многокритериального выбора, является сквозным, т.е. он осуществляется на всех последующих этапах принятия решения. Используя вычисленное

максимальное собственное значение матрицы  $\lambda_{max} = 6,719$ , получены значения  $ИС = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) = (6,719 - 6) / 5 = 0,1438$ ;  $ОС = 0,1438/1,24 = 0,1159 > 0,10$ , приведенные в табл. 2. ОС, равное 11,59%, превышает допустимое, равное 10%, что является неприемлемым и свидетельствует о нарушении логичности суждений, допущенном экспертом при заполнении матрицы, т.е. уровень их согласованности очень мал, а значит, необходимо пересмотреть экспертные оценки. Для этого воспользуемся разработанным методом согласованности матрицы парных сравнений в соответствии с методом [2]. Рассчитанные ОС и новые оценки ВП, введя новые значения второго элемента  $a_{12}$  в первой строке матрицы элементов сравнения, приведены в табл. 3–7.

Таблица 3

Матрица парных сравнений для выбора программной среды при экспертной оценке  $a_{12} = 6$

Программная среда	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	Оценка компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
ПР1	1	7	<b>6</b>	9	3	5	4,222768	<b>0,469526</b>
ПР2	1/7	1	1/5	3	¼	1/3	0,438846	0,048795
ПР3	1/6	5	1	7	2	3	1,80861	0,201098
ПР4	1/9	1/3	1/7	1	1/5	1/4	0,253368	0,028172
ПР5	1/3	4	1/2	5	1	3	1,467799	0,163203
ПР6	1/5	3	1/3	4	1/3	1	0,802284	0,089205
Сумма	1,954	20,333	8,176	29	6,783	12,583	8,993675	0,999999
$\lambda_{max} = 6,600$ ; ИС = 0,120; СС = 1,24; <b>ОС = 9,683</b>								

Таблица 4

Матрица парных сравнений для выбора программной среды при экспертной оценке  $a_{12} = 5$

Программная среда	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	Оценка компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
ПР1	1	7	<b>5</b>	9	3	5	4,096381	<b>0,459077</b>
ПР2	1/7	1	1/5	3	¼	1/3	0,438846	0,049181
ПР3	1/5	5	1	7	2	3	1,864411	0,208942
ПР4	1/9	1/3	1/7	1	1/5	1/4	0,253368	0,028395
ПР5	1/3	4	1/2	5	1	3	1,467799	0,164494
ПР6	1/5	3	1/3	4	1/3	1	0,802284	0,089911
Сумма	1,987	20,333	7,176	29	6,783	12,583	8,923089	1,000000
$\lambda_{max} = 6,482$ ; ИС = 0,096; СС = 1,24; <b>ОС = 7,781</b>								

Таблица 5

Матрица парных сравнений для выбора программной среды  
при экспертной оценке  $a_{12} = 4$

Программная среда	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	Оценка компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
ПР1	1	7	<b>4</b>	9	3	5	3,946832	<b>0,446263</b>
ПР2	1/7	1	1/5	3	1/4	1/3	0,438846	0,04962
ПР3	1/4	5	1	7	2	3	1,935055	0,218794
ПР4	1/9	1/3	1/7	1	1/5	1/4	0,253368	0,028648
ПР5	1/3	4	1/2	5	1	3	1,467799	0,165962
ПР6	1/5	3	1/3	4	1/3	1	0,802284	0,090713
Сумма	2,037	20,333	6,176	29	6,783	12,583	8,844184	1,000000
$\lambda_{max} = 6,367$ ; ИС = 0,073; СС = 1,24; <b>ОС = 5,927</b>								

Таблица 6

Матрица парных сравнений для выбора программной среды  
при экспертной оценке  $a_{12} = 3$

Программная среда	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	Оценка компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
ПР1	1	7	<b>3</b>	9	3	5	3,762058	<b>0,429731</b>
ПР2	1/7	1	1/5	3	1/4	1/3	0,438846	0,050128
ПР3	1/3	5	1	7	2	3	2,030095	0,231893
ПР4	1/9	1/3	1/7	1	1/5	1/4	0,253368	0,028942
ПР5	1/3	4	1/2	5	1	3	1,467799	0,167663
ПР6	1/5	3	1/3	4	1/3	1	0,802284	0,091643
Сумма	2,121	20,333	5,176	29	6,783	12,583	8,75445	1,000000
$\lambda_{max} = 6,261$ ; ИС = 0,052; СС = 1,24; <b>ОС = 4,205</b>								

Таблица 7

Матрица парных сравнений для выбора программной среды  
при экспертной оценке  $a_{12} = 2$

Программная среда	ПР1	ПР2	ПР3	ПР4	ПР5	ПР6	Оценка компонент собственного вектора	Нормализованные оценки вектора приоритета
ПР1	1	7	<b>2</b>	9	3	5	3,516228	<b>0,406475</b>
ПР2	1/7	1	1/5	3	1/4	1/3	0,438846	0,05073
ПР3	1/2	5	1	7	2	3	2,172025	0,251085
ПР4	1/9	1/3	1/7	1	1/5	1/4	0,253368	0,029289
ПР5	1/3	4	1/2	5	1	3	1,467799	0,169677
ПР6	1/5	3	1/3	4	1/3	1	0,802284	0,092744
Сумма	2,287	20,333	4,176	29	6,783	12,583	8,65055	1,000000
$\lambda_{max} = 6,1772$ ; ИС = 0,0354; СС = 1,24; <b>ОС = 2,855</b>								

Таблица 8

Иерархия расположения альтернатив ПР1, ... , ПР6  
на основе нормализованных оценок вектора приоритета (ВП)

Программная среда	Нормализованные оценки вектора приоритета (ВП)					
ПР1	<b>0,478341</b>	<b>0,469526</b>	<b>0,459077</b>	<b>0,446263</b>	<b>0,429731</b>	<b>0,406475</b>
ПР3	0,194612	0,201098	0,208942	0,218794	0,231893	0,251085
ПР5	0,162050	0,163203	0,164494	0,165962	0,167663	0,169677
ПР6	0,088575	0,089205	0,089911	0,090713	0,091643	0,092744
ПР2	0,048450	0,048795	0,049181	0,049620	0,050128	0,050730
ПР4	0,027973	0,028172	0,028395	0,028648	0,028942	0,029289

Как видно из табл. 3–7, последовательное изменение  $a_{12}$  приводит к улучшению ОС: ОС снизилось с 11,59 до 2,855%, при этом наилучшая альтернатива и ранжирование элементов сравнений не изменились, что подтверждено полученными следующими данными для вектора приоритета при  $a_{12} = (7; 6; 5; 4; 3; 2)$ : ВП = (0,478341; 0,469526; 0,459077; 0,446263; 0,429731; 0,406475) и ОС = (11,6; 9,683; 7,781; 5,927; 4,205; 2,855). Иерархическое расположение альтернатив представлено в табл. 8, из которой следует ПР1 > ПР3 > ПР5 > ПР6 > ПР2 > ПР4, где знак « > » обозначает превосходство одного программного средства над другим.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Из полученных результатов можно сделать вывод, что предпочтительным программным продуктом является ПС CoDeSys (ПР1), а наименее значимым – Multiprog (ПР4). Это подтверждается рассчитанными нормализованными оценками вектора приоритета, которые соответственно равны 0,406475 и 0,029289.

Действительно, выбранный программный комплекс по отношению к сравниваемым характеризуется следующими возможностями:

- обеспечивает разработку программно-логического управления технологическим процессом и оборудованием при заданной информационной мощности системы и конфигурации аппаратных входов/выходов;

- обеспечивает совместимость входов/выходов аппаратных средств, представляемых разработчиками системы в таблице-циклограмме программно-логического управления процессом и исполнительным оборудованием, со входами/выходами технологического процесса и оборудования, и их привязку ко входам/выходам системы управления;

- обеспечивает процесс отладки ПО системы управления в соответствии с методикой тестирования.

#### Заключение

В работе обоснована целесообразность применения средств программирования CoDeSys для разработки системы логического управления технологическим оборудованием. Это подтверждено полученными значениями глобальных приоритетов, из которых видно, что наибольший приоритет, равный 0,406475, имеет программная среда CoDeSys. Следовательно, при разработке программы управления оборудованием следует отдать предпочтение именно этому программному комплексу. Выбранный программный комплекс CoDeSys выгодно отличается от сравниваемых альтернатив тем, что среда программирования позволяет проектировать и отлаживать программы управления исполнительными устройствами на языке CFC стандарта МЭК 611-31 [13].

Полученные результаты показывают, что предложенная методика позволяет обосновать и эффективно использовать человеко-машинные процедуры решения задачи многокритериального выбора программного инструментария (комплекса программ) для разработки логического управления технологическим оборудованием. Установлено, что решение многокритериальной задачи с использованием частных локальных критериев является корректным, благодаря проверке непротиворечивости экспертных суждений. Это позволяет говорить о рациональности полученного решения, которое при отсутствии математических моделей является близким к оптимальному решению и характеризует практическую значимость проведенного исследования. Предложенная методика решения многокритериальной задачи выбора реализована программно [14] и использована в процессе разработки системы автоматизации биогазовой установ-

ки, в части управления последовательно связанными технологическими агрегатами: насосом, оснащенным реле давления, контролирующим работу собственно насоса и электродвигателя, обеспечивающего вращение рабочего колеса через соединительную муфту, и магнитного пускателя, обеспечивающего подачу электроэнергии к электродвигателю, а также кнопочного поста [14]. Данные установки производят биогаз как альтернативный источник энергии, и их практическая значимость predetermined созданием и реализацией запланированных к 2030 г. новых технологических платформ на основе биотехнологий. Реализация таких биотехнологических платформ возможна с использованием выбранного в данной работе программного обеспечения задач управления последовательно связанными агрегатами в автоматизированной системе управления производством биогаза.

### Список литературы

1. Галкин Н.С., Терехин А.Р., Забенкова Н.А., Бесфамильная Е.М. Структуризация автоматизированных систем управления технологическим производством // Молодой ученый. 2020. № 6 (296). С. 22–25.
2. Лубенцова Е.В., Ожогова Е.В., Лубенцов В.Ф., Шахрай Е.А., Масютина Г.В. Метод согласованности матриц парных сравнений на основе компонент их максимальных собственных чисел // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 7. С. 78–83.
3. Нежметдинов Р.А. Принципы и методологические основы построения программных систем логического управления технологическим оборудованием: дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2020. 50 с.
4. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 20 с.
5. Официальный русскоязычный сайт компании «CoDeSys». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.codesys.ru/> (дата обращения: 16.09.2022).
6. Официальный сайт программного продукта CoDeSys компании 3S – Smart Software Solution GmbH. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.codesys.com/> (дата обращения: 16.09.2022).
7. Официальный сайт компании «National Instruments». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ni.com/ru-ru.html> (дата обращения: 16.09.2022).
8. Официальный сайт программного продукта LabView компании National Instruments. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.labview.ru/> (дата обращения: 16.09.2022).
9. Официальный сайт программного продукта ISaGRAF компании Rockwell Automation. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.isagraf.com/index.htm> (дата обращения: 16.09.2022).
10. Официальный сайт компании KW software. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kw-software.com/> (дата обращения: 16.09.2022).
11. Официальный сайт компании Infoteam software AG. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.infoteam.de/> (дата обращения: 16.09.2022).
12. Официальный сайт компании «Siemens». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siemens.com/global/en/home.html> (дата обращения: 16.09.2022).
13. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования. Programmable controllers. Part 3. Programming languages. М.: Стандартинформ, 2016. 230 с.
14. Ожогова Е.В., Лубенцов В.Ф., Левченко В.И., Посмитная Л.А., Князькина Т.Г., Закагимова А.С. Программа управления последовательно связанными агрегатами в автоматизированной системе управления производством биогаза // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611010. Правообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». 2022. Бюл. № 1.

УДК 004.912:659.3

## ОЦЕНИВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОКРАСКИ ТЕКСТА ПРИ ПОМОЩИ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Поздняков М.В., Осипов Н.А., Зудилова Т.В., Ананченко И.В., Иванов С.Е.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург,

e-mail: mpozd.spb@gmail.com, nikita@ifmo.spb.ru,

zudilova@ifmo.spb.ru, anantchenko@yandex.ru, serg\_ie@mail.ru

В статье выполнен обзор методов лингвистического анализа текста на примере кластеризатора пользовательских отзывов к товарам интернет-магазина. Целью выполненного исследования является разработка модели оценивания эмоциональной окраски отзывов на основе нечёткой логики в условиях размытости входных данных в задачах кластеризации отзывов покупателей. Выделены сильные и слабые стороны методов машинного обучения и математического аппарата нечёткой логики в контексте данной задачи. Разработан прототип модели на основе аппарата нечёткой логики для выполнения одной из важных задач для подготовки к кластеризации: определения эмоциональной составляющей текста. Для прототипа модели определены входные и выходные параметры. В качестве входных параметров выбраны процент слов с положительной и эмоциональной окраской, а также процент восклицательных знаков. На выходе модель выдаёт степень удовлетворённости пользователя товаром и степень эмоциональности. Для параметров определены их функции принадлежности и термы, а также правила соответствия выходных параметров входным. С учётом тренировочных данных подобраны коэффициенты функций принадлежности. Модель реализована в приложении FisPro. Разработан модуль на языке Python для подготовки входных данных, использующий пакет pymorphy2 и датасет kartaslovsent.csv. Прототип модели протестирован на реальных данных, включающих в себя отзывы различных уровней мнений. Был произведён анализ полученных результатов, позволил выявить недостатки модели и определить дальнейшие шаги для её совершенствования. Проверка модели на реальных данных подтвердила возможность применения аппарата нечёткой логики в задачах кластеризации отзывов покупателей в условиях размытости входных данных. Выяснилось, что параметры функций принадлежности для входных значений экспертами неосознанно завышаются. Была проведена оптимизация данных значений в сторону смещения параметров в меньшую сторону. Недостатком модели остаётся некорректное определение эмоциональности текста при небольшом количестве восклицательных знаков. Данная проблема может быть устранена путём введения дополнительных входных данных, например длины текста и количества иных эмоционально окрашенных знаков препинания.

**Ключевые слова:** лингвистический анализ текста, нечёткая логика, функции принадлежности, лингвистическая переменная

## RESEARCH OF DEEP LEARNING MODELS FOR TRAFFIC OPTIMIZATION IN VEHICLE-TO-EVERYTHING NETWORKS

Pozdnyakov M.V., Osipov N.A., Zudilova T.V., Ananchenko I.V., Ivanov S.E.

ITMO National Research University, Saint Petersburg,

e-mail: mpozd.spb@gmail.com, nikita@ifmo.spb.ru,

zudilova@ifmo.spb.ru, anantchenko@yandex.ru, serg\_ie@mail.ru

The article provides an overview of the methods of linguistic text analysis using the example of a clusterer of user reviews of online store products. The purpose of the research is to develop a model for evaluating the emotional coloring of reviews based on fuzzy logic in the conditions of blurred input data in the tasks of clustering customer reviews. The strengths and weaknesses of machine learning methods and the mathematical apparatus of fuzzy logic in the context of this task are highlighted. A prototype model based on the fuzzy logic apparatus has been developed to perform one of the important tasks for preparing for clustering: determining the emotional component of the text. Input and output parameters are defined for the prototype model. The percentage of words with positive and emotional coloring, as well as the percentage of exclamation marks are selected as input parameters. At the output, the model gives the degree of user satisfaction with the product and the degree of emotionality. For the parameters, their membership functions and terms are defined, as well as the rules for matching the output parameters with the input ones. Taking into account the training data, the coefficients of the membership functions are selected. The model is implemented in the FisPro application. A Python module has been developed for preparing input data using the pymorphy2 package and the kartaslovsent.csv dataset. The prototype of the model is tested on real data, including reviews of various levels of opinions. The analysis of the obtained results was carried out, allowed to identify the shortcomings of the model and determine further steps for its improvement. Checking the model on real data confirmed the possibility of using the fuzzy logic apparatus in the tasks of clustering customer reviews in the conditions of blurred input data. It turned out that the parameters of the membership functions for the input values are unconsciously overestimated by experts. Optimization of these values was carried out in the direction of shifting the parameters to a smaller side. The disadvantage of the model is the incorrect definition of the emotionality of the text with a small number of exclamation marks. This problem can be eliminated by introducing additional input data, such as the length of the text and the number of other emotionally colored punctuation marks.

**Keywords:** linguistic text analysis, fuzzy logic, membership functions, linguistic variable

Анализ больших массивов текстовых данных является важным направлением машинного обучения. Отдельную роль в обработке текста играют нейронные сети, существенно повышающие качество решения стандартных задач классификации текстов и последовательностей, а также снижающие трудоёмкость при работе непосредственно с текстами. В то же время нейронные сети нельзя считать полностью самостоятельным средством решения лингвистических проблем, и они являются не единственным многозадачным математическим аппаратом [1, 2]. Известно, что [3] для решения лингвистических задач в условиях неопределенности (размытости), поиска возможностей применения в вычислительных системах может применяться аппарат, основанный на нечёткой логике. В рамках данной статьи рассмотрены различные подходы к решению задачи кластеризации отзывов пользователей к товарам интернет-магазина, представлен разработанный прототип системы, определяющей эмоциональную составляющую текста на примере отзыва пользователей. К научной новизне можно отнести разработку модели оценивания эмоциональной окраски отзывов на основе нечёткой логики в условиях размытости входных данных в задачах кластеризации отзывов покупателей, обеспечивающей путём введения дополнительных входных данных, например длины текста и количества иных эмоционально окрашенных знаков препинания, повышение корректности входных значений экспертов.

Целью выполненного исследования является разработка модели оценивания эмоциональной окраски отзывов на основе нечёткой логики в условиях размытости входных данных в задачах кластеризации отзывов покупателей.

На данный момент существует большое количество решений для классификации отзывов. Например, подобные решения могут выделять среди отзывов положительные, нейтральные и отрицательные [4]. Однако классификаторы ограничены в количестве возможных категорий отзывов. Тем не менее для пользователя может быть полезно рассмотреть для каждого товара самые часто встречающиеся темы, поднимаемые в отзывах. Для этого необходимо выделять не заданные заранее категории, а кластеры, которые могут отличаться для каждого товара. Например, в отзывах к ноутбуку такая система сможет выделить следующие кластеры: «плохая система охлаждения», «хороший процессор», «достаточный объём встроенного жёсткого диска». Если мнения пользователей по какому-то вопросу расхо-

дятся, то система может выделить отдельные кластеры, такие как «хорошая видеокарта», «непроизводительная видеокарта». Система выводит в пользовательский интерфейс перечень кластеров с самыми явными примерами отзывов для каждого кластера.

*Обзор методов анализа текста в контексте рассматриваемой задачи.* Наиболее часто применяемыми для анализа текста являются рекуррентные нейронные сети (RNN) [5]. Идея RNN заключается в последовательном использовании информации, что отличает их от традиционных нейронных сетей, в которых подразумевается, что все входы и выходы независимы. Очевидно, что, если необходимо предсказать следующее слово в предложении, лучше учитывать предшествующие ему слова. RNN и называются поэтому рекуррентными, потому что они выполняют одну и ту же задачу для каждого элемента последовательности, причем выход зависит от предыдущих вычислений. Рекуррентные сети могут использовать «память», учитывающую предшествующую информацию и благодаря этому могут использовать данные в произвольно длинных последовательностях, но, как показывает практика, это ограничивается лишь несколькими шагами [6]. Трудность применения рекуррентной сети заключается и в том, что при учете каждого шага времени существенно увеличивается вычислительная сложность, так как в этом случае становится необходимым для каждого шага времени создавать свой слой нейронов. Но такие многослойные реализации оказываются вычислительно неустойчивыми, так как в них, как правило, исчезают или, наоборот, зашкаливают веса, а если ограничить расчёт фиксированным временным окном, то полученные модели не будут отражать долгосрочных трендов. Для обучения систем долговременной зависимостью применяются сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) [6], которая представляет собой особую разновидность архитектуры рекуррентных нейронных сетей, способная к обучению долговременной зависимостью. Они хорошо решают подобные задачи и в настоящее время широко используются. В такой сети повторяющийся модуль состоит не из одного слоя, а из четырёх слоев и ключевым компонентом является состояние ячейки (cell state). Таким образом, LSTM разработаны специально, чтобы избежать проблемы долговременной зависимости, и запоминание информации на долгие периоды времени – их характерное поведение. Эти особенности выделяют LSTM среди других методов анализа текста и делают их крайне удобным инструментом для лингвистического анализа [7].

*Применение нечёткой логики для анализа текста.* Использованию нейронных сетей для анализа текста посвящено множество исследований, это направление искусственного интеллекта и математической лингвистики активно развивается, но тем не менее нейронные сети являются не единственным многозадачным математическим аппаратом [2, 8]. Известно, что [3] для решения лингвистических задач в условиях неопределенности (размытости), поиска возможностей применения в вычислительных системах может применяться аппарат, основанный на нечёткой логике [3]. При кластеризации отзывов важно выделить эмоциональную составляющую каждого отзыва. Модель нечёткой логики, позволяющая связать обычные человеческие рассуждения с математическими законами, может оказаться полезной для данной задачи. В рамках следующего раздела будет разработан прототип системы, определяющей эмоциональную составляющую текста, на основе такой модели. Прототип будет протестирован на реальных данных, после чего будут определены дальнейшие шаги для совершенствования модели.

*Применение нечёткой логики для анализа текста. Разработка модели.* Использованию нейронных сетей для анализа текста посвящено множество исследований, это направление искусственного интеллекта и математической лингвистики активно развивается, но тем не менее нейронные сети являются не единственным многозадачным математическим аппаратом [2, 8, 9]. Для исследования рассуждений в условиях нечёткости, размытости, сходных с рассуждениями в обычном смысле, и поиска возможностей их применения в вычислительных системах может применяться аппарат, основанный на нечёткой логике [3]. При кластеризации отзывов важно выделить эмоциональную состав-

ляющую каждого отзыва. Модель нечёткой логики, позволяющая связать обычные человеческие рассуждения с математическими законами, может оказаться полезной для данной задачи. Далее рассмотрим разработку прототипа системы, определяющей эмоциональную составляющую текста, на основе такой модели. Прототип был протестирован на реальных данных, после чего были определены дальнейшие шаги для совершенствования модели.

Важной составляющей выделения кластеров для отзывов является определение эмоциональной окраски отзыва. Разрабатываемая модель предназначена для определения эмоциональности отзыва, а также степени удовлетворённости товаром. Входные параметры: процент слов с положительной эмоциональной окраской, процент слов с отрицательной эмоциональной окраской, процент восклицательных знаков. Выходные параметры: степень эмоциональности отзыва и степень удовлетворённости пользователя товаром. В качестве основы была выбрана модель нечёткой логики. Такая математическая модель позволяет формализовать человеческие рассуждения, что уместно при оценке эмоциональной составляющей текста. Для реализации модели выбрано приложение FisPro. На первом этапе выбраны функции принадлежности, их описание представлено в табл. 1 и 2.

На следующем этапе (рис. 1) определены правила соответствия входных значений выходным.

*Описание архитектуры системы, тестирование модели.* Общий алгоритм работы системы представлен на рис. 2.

На вход системы поступает текст отзыва к товару. Далее программный модуль на языке Python при помощи пакета rumpo2 [10] приводит все слова текста к начальной форме.

Таблица 1

Функции принадлежности для входных значений

Переменная	Терм	Функция	Параметры
Процент слов с положительной эмоциональной окраской Процент слов с отрицательной эмоциональной окраской	Мало	Sinus	S1 = -5, S2 = 5
	Средне	Gaussian	Mean = 12, St. deviation = 4
	Много	Semi trapezoidal sup.	S1 = 15, S2 = 30, S3 = 100
Процент восклицательных знаков	Отсутствуют	Discrete	Value = 0
	Присутствуют	Trapezoidal	S1 = 0, S2 = 5, S3 = 10, S4 = 15
	Много	Semi trapezoidal sup	S1 = 10, S2 = 30, S3 = 100

Таблица 2

Функции принадлежности для выходных значений

Переменная	Терм	Функция	Параметры
Степень эмоциональности отзыва	Неэмоциональный	SinusInf	S1 = 0, S2 = 0.5
	Средне	Sinus	S1 = 0, S2 = 1
	Очень эмоциональный	SinusSup	S1 = 0.5, S2 = 1
Степень удовлетворённости товаром	Не удовлетворён	SinusInf	S1 = 0, S2 = 0.5
	Частично удовлетворён	Sinus	S1 = 0, S2 = 1
	Не удовлетворён	SinusSup	S1 = 0.5, S2 = 1

Rule	Active	IF PositiveWordsPercentL...	AND NegativeWordsPerc...	AND ExclamationMarkPe...	THEN Emotional	Satisfaction
1	✓	Little	Little	No	NotEmotional	SomewhatSatisfied
2	✓	Little	Little	Present	NotEmotional	SomewhatSatisfied
3	✓	Little	Little	Many	Average	SomewhatSatisfied
4	✓	Little	Medium	No	NotEmotional	NotSatisfied
5	✓	Little	Medium	Present	Average	NotSatisfied
6	✓	Little	Medium	Many	TooEmotional	NotSatisfied
7	✓	Little	A lot	No	Average	NotSatisfied
8	✓	Little	A lot	Present	TooEmotional	NotSatisfied
9	✓	Little	A lot	Many	TooEmotional	NotSatisfied
10	✓	Medium	Little	No	NotEmotional	Satisfied
11	✓	Medium	Little	Present	Average	Satisfied
12	✓	Medium	Little	Many	TooEmotional	Satisfied
13	✓	Medium	Medium	No	Average	SomewhatSatisfied
14	✓	Medium	Medium	Present	TooEmotional	SomewhatSatisfied
15	✓	Medium	Medium	Many	TooEmotional	SomewhatSatisfied
16	✓	Medium	A lot	No	Average	NotSatisfied
17	✓	Medium	A lot	Present	TooEmotional	NotSatisfied
18	✓	Medium	A lot	Many	TooEmotional	NotSatisfied
19	✓	Many	Little	No	TooEmotional	Satisfied
20	✓	Many	Little	Present	TooEmotional	Satisfied
21	✓	Many	Little	Many	TooEmotional	Satisfied
22	✓	Many	Medium	No	TooEmotional	Satisfied
23	✓	Many	Medium	Present	TooEmotional	Satisfied
24	✓	Many	Medium	Many	TooEmotional	Satisfied
25	✓	Many	A lot	No	TooEmotional	SomewhatSatisfied
26	✓	Many	A lot	Present	TooEmotional	SomewhatSatisfied
27	✓	Many	A lot	Many	TooEmotional	SomewhatSatisfied

Рис. 1. Настройка правил в FisPro

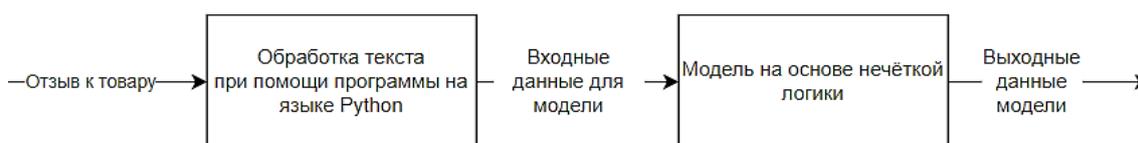


Рис. 2. Общий алгоритм работы модели

Для определения эмоциональной окраски каждого слова используется датасет kartaslovsent.csv, содержащий тональный словарь русского языка, этот датасет имеет 46127 записи и распространяется по лицензии CC BY-NC-SA 4.0, позволяющей свободно использовать его в личных, научных, исследовательских и любых других целях, не подразумевающих получения дохода коммерческим путём [11]. На выходе данный модуль выдаёт номер отзыва, долю восклицательных знаков, а также доли положительных и отрицательных слов.

Для проверки модели были взяты 15 отзывов с сайта Яндекс.Маркет к смартфону Redmi Note 10 Pro: отзывы № 1–5 на 5/5, отзывы № 6–10 на 1/5, отзывы № 11–15 на 3/5. В результате обработки текста первым модулем были получены результаты, представленные в табл. 3, там же представлена реакция на входные данные (эмоциональность и удовлетворение).

Из полученных результатов следует, что в среднем значение удовлетворённости автора отзыва товаром было определено следующим образом: для отзывов на 5/5: 0,75, для отзывов на 3/5: 0,61, для отзывов на 1/5: 0,47.

Таблица 3

Входные данные для модели и результат работы прототипа модели

№	Восклицательные знаки	Положительные слова	Отрицательные слова	Эмоциональность	Удовлетворение
1	0,00	0,09	0,00	0,20	0,80
2	0,20	0,05	0,04	0,78	0,62
3	0,00	0,12	0,00	0,18	0,82
4	0,00	0,42	0,00	0,83	0,83
5	0,22	0,06	0,03	0,78	0,68
6	0,00	0,12	0,09	0,50	0,50
7	0,00	0,04	0,04	0,31	0,50
8	0,06	0,09	0,08	0,80	0,50
9	0,00	0,15	0,04	0,36	0,64
10	0,00	0,00	0,09	0,20	0,20
11	0,00	0,13	0,03	0,28	0,72
12	0,00	0,13	0,00	0,18	0,82
13	1,00	0,06	0,06	0,77	0,50
14	0,00	0,09	0,05	0,50	0,50
15	0,00	0,08	0,05	0,50	0,50

В результате исследования разработан прототип модели оценки эмоциональной окраски отзывов на основе математического аппарата нечёткой логики. Проверка модели на реальных данных подтвердила возможность применения аппарата нечёткой логики в задачах кластеризации отзывов покупателей в условиях размытости входных данных. Выяснилось, что параметры функций принадлежности для входных значений экспертами неосознанно завышаются. Была проведена оптимизация данных значений в сторону смещения параметров в меньшую сторону. Недостатком модели остаётся некорректное определение эмоциональности текста при небольшом количестве восклицательных знаков. Данная проблема может быть устранена путём введения дополнительных входных данных, например длины текста и количества иных эмоционально окрашенных знаков препинания. Альтернативным способом решения данной проблемы является увеличение количества термов для входных и выходных данных. Кроме того, можно заметить завышенные показатели удовлетворённости для отрицательных отзывов. Наиболее вероятно, данная проблема вызвана некорректным определением положительно и отрицательно окрашенных слов на подготовительном этапе. В дальнейшем предполагается совершенствование модели, в частности планируется определить дополнительные входные переменные, оценить их влияние на точность модели, выделить дополнительные термы для входных и выходных данных, также представляется перспективным применение методов

машинного обучения для настройки коэффициентов функций принадлежности.

#### Список литературы

1. Глубинное обучение для автоматической обработки текстов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.osp.ru/os/2017/02/13052221> (дата обращения: 16.08.2022).
2. Есть ли альтернатива искусственным нейронным сетям? [Электронный ресурс]. URL: <https://postnauka.ru/faq/86374> (дата обращения: 16.08.2022).
3. Крутлов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. М.: Физматлит, 2000. 224 с.
4. Классификация отзывов пользователей соцсетей с помощью машинного обучения. [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/ml/114527-klassifikaciya-otzyvov-polzovateley-socsetey-s-pomo-shchyu-mashinnogo-obucheniya> (дата обращения: 16.08.2022).
5. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Сизова Ю.А. Нейронные сети: общие технологические характеристики // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 2. С. 17–23.
6. Кириченко А.А. Основы теории искусственных нейронных сетей. Издательские решения. 2020. 284 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.bookmate.com/reader/B2X2cvHu?resource=book/> (дата обращения: 10.08.2022).
7. Поздняков М.В., Осипов Н.А. Исследование возможности применения нейронных сетей для лингвистического анализа // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. СПб.: Университет ИТМО, 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/7886> (дата обращения: 16.08.2022).
8. Как решить 90% задач NLP: пошаговое руководство по обработке естественного языка. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/oleg-bunin/blog/352614/> (дата обращения: 16.08.2022).
9. Есть ли альтернатива искусственным нейронным сетям? [Электронный ресурс]. URL: <https://postnauka.ru/faq/86374> (дата обращения: 17.08.2022).
10. Получение начальной формы слов на Python. [Электронный ресурс]. URL: <https://php.in.ua/poluchenie-nachalnoj-formy-slov-na-python/> (дата обращения: 16.08.2022).
11. Кулагин Д.И. Открытый тональный словарь русского языка КартаСловСент // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: материалы ежегодной Международной конференции «Диалог». Вып. 20. М.: Изд-во РГГУ, 2021. С. 1106–1119.

УДК 004.942:519.816

## МОДЕЛЬ СКОРИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

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

В работе рассмотрен ряд теоретических, практических и методологических вопросов, связанных с определением готовности электронного курса к внедрению в образовательный процесс путем формирования интегральной оценки электронного курса. Наиболее востребованным способом электронного обучения в образовательных организациях стало использование специализированных систем управления обучением, что привело к широкому распространению электронных онлайн-курсов. Электронные онлайн-курсы в образовательных организациях обычно разрабатываются на основе утверждённой рабочей программы дисциплины, которой он должен полностью соответствовать. Качество образовательного процесса при использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий очень сильно зависит от качества используемых онлайн-курсов. Таким образом, прежде чем использовать курс в учебном процессе, целесообразно предварительно провести оценку его состоятельности и возможности использования. В работе предлагается скоринговая модель оценки электронного курса, построенная на совокупности показателей качества в виде иерархической структуры. В результате проведенного исследования с привлечением группы экспертов были определены измеряемые параметры, построена система весовых коэффициентов. Модель апробирована на ряде курсов, используемых в образовательном процессе, определены интервалы оценки и дана их интерпретация.

**Ключевые слова:** электронный онлайн-курс, скоринговая оценка, качество курса, дистанционное обучение, критерии оценки

## SCORING MODEL OF ONLINE COURSE AS A TOOL FOR EDUCATIONAL PROCESS QUALITY MANAGEMENT

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

The article considers a number of theoretical, practical and methodological issues related to determining the readiness of an electronic course for implementation in the educational process by forming an integral assessment of an electronic course. The most popular way of e-learning in educational organizations has become the use of learning management system, which has led to the widespread use of electronic online courses. Electronic online courses in educational organizations are usually developed on the basis of the approved work program of the discipline, to which it must fully comply. The quality of the educational process when using e-learning and distance learning technologies depends very much on the quality of the online courses used. Thus, before using the course in the educational process, it is advisable to first assess its viability and the possibility of using it. The article proposes a scoring model for assessing an e-learning course, built on a set of quality indicators in the form of a hierarchical structure. As a result of the study with the involvement of a group of experts, the measured parameters were determined, a system of weighting factors was built. The model was tested on a number of courses used in the educational process, assessment intervals were determined and their interpretation was given.

**Keywords:** electronic online course, scoring, course quality, distance learning, evaluation criteria

В последнее время все большую популярность набирает реализация образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. С точки зрения законодательства под электронным обучением понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников [1].

В большинстве случаев для реализации образовательных программ с использованием электронного обучения используются различные LMS-системы (learning management system, системы управления обучением), например LMS Moodle, а проведение дисциплины осуществляется с помощью электронного онлайн-курса (ЭОК). Следует отметить, что электронные онлайн-курсы важны не только для обеспечения дистанционной формы обучения, на которую вузы (часто вынужденно) переходят в условиях антиковидных ограничений, но и в первую очередь как средство поддержки очной (и смешанной) форм обучения, в рамках которой они могут решать задачи информационной, методической и техноло-

гической поддержки образовательного процесса. Таким образом, при использовании в учебном процессе электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (ЭО и ДОТ) образовательные учреждения должны обеспечить высокое качество создаваемых ЭОК.

На текущий момент вузы стали массово разрабатывать и внедрять в учебный процесс электронные учебные курсы. Это привело к большому количеству используемых ЭОК, например в ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет» за 2021–2022 учебный год использовалось более 1100 электронных учебных курсов. Курсы обычно разрабатываются преподавателями кафедр, которые ведут учебные дисциплины, а проверка курсов на соответствие рабочей программе и качество учебного контента возложена на учебный отдел. Стоит отметить, что ЭОК могут ежегодно модифицироваться и дополняться учебными материалами. Очевидно, что регулярно контролировать ЭОК «глазами и руками» в таких условиях достаточно тяжело (не стоит забывать, что это не единственная и даже не основная задача учебного отдела), в результате чего в работе ставится задача разработать модель скоринговой оценки электронного курса, которая незаменима при необходимости обработки больших массивов информации в условиях ограниченного объема времени и ресурсов. Ее использование позволит существенно «убыстрить» проведение контроля в рамках первичной экспертизы и последующего регулярного контроля.

#### Материалы и методы исследования

При определении понятия «качество образования» принято выделять три основных категории: качество содержания образования; качество результатов образования; качество образовательных технологий [2].

Содержание образования задается государственными образовательными стандартами, результаты образования оцениваются уровнем соответствия освоенных обучающимися компетенциями стандартам и квалификационным требованиям, предъявляемым к специалистам, а образовательные технологии, применяемые в процессе обучения, выбираются и обеспечиваются, как правило, учебным заведением. Различия подходов к проектированию ЭОК зачастую определяются совокупностью ситуационных факторов, к их числу можно отнести информационную инфраструктуру образовательной организации, используемую систему LMS, дидактические ограничения для отдельных дисциплин и учебных программ и пр. [3]. Это приводит к тому, что структура ЭОК и его представление может существенно отличаться в разных вузах, а для контроля качества реализации ЭОК вузы вынуждены самостоятельно разрабатывать различные стандарты и методики.

Если провести аналогию с разработкой программного обеспечения, то жизненный цикл ЭОК будет состоять из четырех основных этапов (рис. 1).

Очевидно, что при таком подходе в жизненном цикле электронного онлайн-курса в качестве основных, фундаментальных этапов следует выделить этапы проектирования и разработки, а качество создаваемого электронного онлайн-курса зависит от самого учебно-методического материала, используемых информационных технологий, методов организации обучения с использованием ЭО и ДОТ. При этом обязательно нужно учитывать, что все реализуемые компоненты должны соответствовать законодательным, нормативным и техническим требованиям, в частности федеральным образовательным стандартам, рабочим программам и фондам оценочных средств [4].



Рис. 1. Жизненный цикл электронного курса

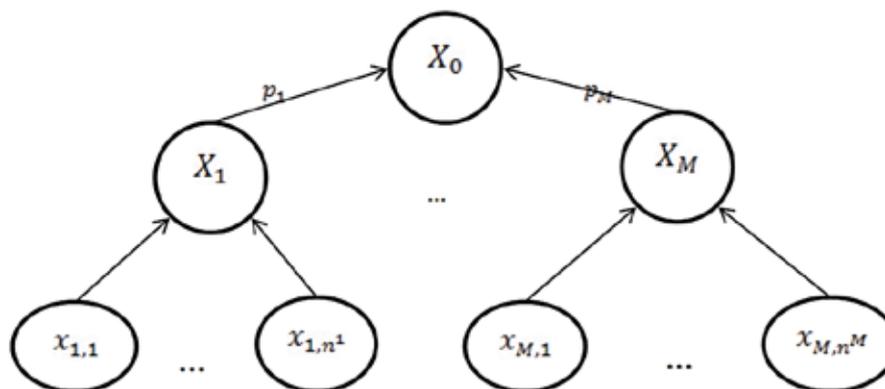


Рис. 2. Иерархическая система показателей:  
 $X_0$  – оценка ЭОК в целом,  $X_1, \dots, X_M$  – оценка  $M$ -группы показателей,  
 множество  $x$  – оценки соответствующих показателей в группах

Оценка ЭОК может осуществляться на каждом этапе, но ключевым является этап тестирования, чтобы в случае необходимости внести корректировки в курс до ввода его в эксплуатацию. На этом этапе следует провести скоринговую оценку разработанного электронного курса по ряду показателей, среди которых можно выделить следующие группы:

- показатели, характеризующие соответствие курса формальным требованиям;
- показатели, характеризующие качество образовательного контента;
- показатели организационного обеспечения;
- показатели, характеризующие контролируемые функции.

Иерархическая система показателей, по которой осуществляется оценка, представлена на рис. 2.

Таким образом, предлагаемая в работе методика построения модели скоринговой оценки электронного курса предполагает выделение иерархии показателей (признаков), по которым можно сделать оценку как отдельных компонентов ЭОК, так и электронного курса в целом. На построенную иерархическую систему показателей необходимо наложить систему весовых коэффициентов  $P = \{p_1, \dots, p_M\}$ . Для определения значащих критериев (а также их весовых коэффициентов) следует привлечь группу экспертов. Для определения значений весовых коэффициентов в работе предлагается использовать систему, описанную в работе Фишберна [5]. Ее очень удобно применять в ситуациях большой неопределенности: экспертам нет необходимости указывать конкретные числовые значения (что может привести к большим разногласиям), достаточно просто указать степень предпочтения одних показателей к другим

(по сути, проранжировать показатели по их важности (вкладу) в итоговую оценку). Варианты предпочтения: строгое предпочтение, нестрогое предпочтение, безразличие

Тогда системе убывающего предпочтения альтернатив наилучшим образом отвечает система снижающихся по правилу арифметической прогрессии весов:

$$P_i = \frac{2(M-i+1)}{(M+1)M}, i = \overline{1, M}.$$

Данная схема может применяться как для оценки общего показателя – качества ЭОК ( $X_0$ ), так и для оценки частных показателей – выделенных групп показателей ( $X_1, \dots, X_M$ ).

В результате расчет оценки качества ЭОК (и групп показателей) сводится к аддитивной свертке – произведение векторов значений на векторы весовых коэффициентов.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для формирования системы показателей и построения модели скоринговой оценки электронных курсов в университете была создана специальная рабочая группа, включающая представителей профессорско-преподавательского состава университета и учебного отдела. Были определены следующие основные группы показателей:  $\{X_1$  – формальные требования,  $X_2$  – качество учебного контента,  $X_3$  – организационное обеспечение,  $X_4$  – контрольно-измерительные материалы $\}$ .

Далее в каждой группе определены конкретные показатели и оцениваемые характеристики, которые представлены в таблице (используемые сокращения: РП – Рабочая программа дисциплины, ФОС – фонд оценочных средств).

## Составляющие системы оценки электронного курса

Группа показателей	Показатель	Возможное значение	Источник
Формальные требования	Наличие аннотации дисциплины	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
	Темы в ЭОК есть и совпадают с РП	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
	Лекции в ЭОК есть и совпадают с РП	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
	Материалы для семинаров/ лабораторных/ практик в ЭОК есть и совпадают с РП	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
Качество учебного контента	Оценка полноты представленных материалов в курсе	По шкале от 0 до 10, преобразование в диапазон 0–1.	Кафедра
	Оценка новизны представленных материалов в курсе	По шкале от 0 до 10, преобразование в диапазон 0–1.	Кафедра
	Наличие в курсе видеоматериалов	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
	Наличие в курсе интерактивных материалов	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
	Наличие в курсе инструкций к ресурсам и элементам	Р/Т, где Р – количество элементов/ресурсов с пояснениями, Р – общее количество	АСУ ВУЗ
Организационное обеспечение	Наличие в материалах разной степени сложности и возможность выбора траектории обучения	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
	Наличие вспомогательных учебных материалов	Да/нет (1/0)	
	В ЭОК есть и совпадает с ФОС текущая аттестация	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
Контрольно-измерительные материалы	В ЭОК есть и совпадает с ФОС промежуточная аттестация	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ
	В ЭОК присутствуют элементы для самоконтроля	Да/нет (1/0)	АСУ ВУЗ

В результате опроса экспертной группы получены следующие значения весовых коэффициентов: для итоговой оценки электронного курса  $X_0 - \{0,285; 0,285; 0,145; 0,285\}$ ; для  $X_1 - \{0,166; 0,166; 0,333; 0,333\}$ ; для  $X_2 - \{0,285; 0,145; 0,425; 0,145\}$ ; для  $X_3 - \{0,5; 0,333; 0,166\}$ ;  $X_4 - \{0,4; 0,4; 0,2\}$  (последовательность совпадает с последовательностью показателей в таблице).

Реализация электронных курсов в системе Moodle и наличие развитой информационной системы университета [6, 7] позволили получить значения большинства показателей автоматически из базы данных, например, путем сравнения наличия тем в ЭОК и тем в РП, лекций в ЭОК и тем в РП и т.п. (источник АСУ ВУЗ в таблице). Только два показателя требуют оценки экспертов (из числа преподавателей кафедр).

В результате проведенной скоринговой оценки разработанных во ФГОБУ ВО БГУ и последующего «ручного» контроля определены следующие группы курсов и их типовые оценки:

– При оценке курса от 0,85 до 1 – курс может быть использован в образовательном процессе без каких-либо ограничений (в дистанционном формате обучения, смешанном формате), дополнительная «ручная» экспертиза обычно не требуется.

– При оценке курса от 0,6 до 0,85 – курс имеет определённые недостатки (могут быть представлены не все учебные элементы, может не хватать ряда тестов и инструкций и пр.). Курс можно использовать в смешанном обучении, для использования в дистанционном следует провести доработку курса. Возможно, потребуется дополнительная «ручная» экспертиза.

– Оценка курса меньше 0,6 – курс имеет существенные недоработки и/или не соответствует рабочей программе. Проведение обучения по такому курсу не рекомендуется. Часто курсы с такими оценками используются преподавателями как вспомогательное средство, например для проведения аттестаций, или как вариант методического пособия.

Использование предлагаемой в работе модели имеет свои плюсы и минусы. Среди основных преимуществ можно выделить:

– Экономия времени, ресурсов и, как следствие, финансовых затрат на экспертизу ЭОК. Вручную проверять каждый курс, сверяясь с его с рабочей программой, на практике нереально. Реализация скоринговой оценки позволяет автоматически сопоставлять ЭОК с РП и ФОС дисциплины, проверить наличие необходимых элементов и атрибутов в курсе.

– Существенно сокращается срок первичной экспертизы. Значение оценки (и ее изменение в динамике) сигнализирует о курсах, на которые следует обратить внимание.

– Нет предвзятости и субъективизма. Оценка не «поддается» субъективному мнению работников и объективно оценивает наличие необходимых элементов в электронных курсах.

Система скоринга имеет и недостатки:

– Оценка с использованием модели оценивает не напрямую качество учебного контента, а формальные требования, которые ставятся перед разработчиком электронного курса. Соответственно, зная особенности алгоритма проверки, разработчик электронного курса имеет возможность «формально» подойти к своей работе.

– Скоринг пока не учитывает работу преподавателей в электронных курсах. Ведь жизненный цикл ЭОК включает и этап эксплуатации. В образовательном процессе нельзя уменьшать роль преподавателя и личных контактов (даже если они осуществляются с использованием средств ИТ-коммуникаций).

### Заключение

К достоинствам предлагаемой в работе методики можно отнести то, что состав показателей (и групп), входящих в предлагаемую скоринговую модель оценивания, может изменяться, не изменяя при этом саму структуру (возможно, потребуются изменение системы весовых коэффициентов), есть возможность оценки как обобщенного показателя качества ЭОК, так и частных

показателей по какой-либо группе, а также возможность автоматизации расчета оценок (множество значений показателей можно в автоматическом режиме брать из базы данных E-LMS и, при наличии такой возможности, сопоставлять их с данными в информационной системе университета).

В результате апробации модели в учебном процессе ФГБОУ ВО БГУ были сформированы допустимые пороговые значения оценки ЭОК в целом, так и по группам показателей. Уход значений показателей вниз за пороговые значения служит сигналом для пересмотра и возможной переработки электронного онлайн-курса.

Использование данной модели существенно упрощает проведение первичной оценки созданных в университете электронных онлайн-курсов и служит повышению качества образовательного процесса в общем.

### Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 30.12.2021) «Об образовании в Российской Федерации», статья 16, п. 1. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/9ab9b885e5291f25d6986b5301ab79c23f0055ca4/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/9ab9b885e5291f25d6986b5301ab79c23f0055ca4/) (дата обращения: 10.10.2022).
2. Майер В.В. Социологическая концепция формирования системы управления качеством высшего образования: дис. ... докт. соц. наук. Тюмень, 2007. 345 с.
3. Макачук Т.А., Демченко С.А. Проектирование обучающего курса на платформе LMS MOODLE CLOUD // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26982> (дата обращения: 10.10.2022).
4. Пономаренко В.О., Блиникова А.В. Анализ показателей качества электронных образовательных ресурсов по системам управления обучением // Вестник международного института менеджмента Линк. 2017. № 15 (44). С. 198–203.
5. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений / Пер. с англ. М.: Наука, 1978. 278 с.
6. Братищенко В.В. Автоматизация управления учебным процессом в вузе. Опыт разработки, внедрения и эксплуатации: материалы XIV международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 2021 г.). Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2021. С. 17–25.
7. Современные информационно-телекоммуникационные технологии в управлении социально-экономическими системами / Под общ. ред. А.П. Суходолова. Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2013. 196 с.

УДК 004:502.7:504.064

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА НАГРЕТОГО АНГИДРИДА СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ЧЕРЕЗ ГАЗОХОД****<sup>1</sup>Шадрина Г.Р., <sup>2</sup>Купцов А.И., <sup>2</sup>Купцов И.В., <sup>1</sup>Гимранов Ф.М.**<sup>1</sup>*Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, e-mail: prombez@kstu.ru;*<sup>2</sup>*Общество с ограниченной ответственностью «Эксперт-92», Казань, e-mail: artpb@yandex.ru*

На химических, нефтехимических и других опасных производственных объектах при авариях или ремонтных работах требуется проведение технологических операций, связанных с опорожнением аппаратов и емкостей. Как правило, они проводятся путем выброса газов через газоход и непосредственно в атмосферу. Существует опасность, что выброшенный опасный газ может стелиться по земной поверхности вследствие температурной инверсии атмосферы, наличия застройки или других факторов. Таким образом, прогнозирование последствий выбросов опасных газов является одним из методов повышения промышленной безопасности на предприятиях. В настоящее время существует множество методик перемещения опасного газа после его выброса. Однако действующие методики не всегда корректно описывают процессы распространения выброшенного опасного газа. Эксперименты по выбросам метана, а также аварии на Томском нефтехимическом предприятии, газоконденсатном месторождении Крайнего Севера и на других объектах лишь подтверждают данный негативный вывод. В связи с этим при моделировании перемещения опасного газа авторами предлагается использовать физико-математическую модель, включающую одновременное решение системы уравнений, таких как уравнение неразрывности, уравнение переноса импульса, уравнение переноса энергии, уравнение переноса турбулентной кинетической энергии и уравнение переноса скорости диссипации турбулентной кинетической энергии. В ходе исследований проанализированы результаты выброса горячего ангидрида серной кислоты через источник выброса высотой 10 м и диаметром 0,1 м. Граничные условия рассматривались при самых неблагоприятных условиях: устойчивая атмосфера (инверсия); скорость ветра на высоте 10 м – 10 м/с; температура на нижней поверхности земли принималась как 298 К; шероховатость принята равной 0,002 м. На основании результатов сделан вывод, что при выбросе нагретого ангидрида серной кислоты даже при неблагоприятных метеословиях зона с летальной токсодозой формируется в основном только в зоне нахождения источника выброса, а зона с пороговой токсодозой образуется на значительных расстояниях от свечи. Следовательно, основываясь на предлагаемых расчетах, возможно определить место для безопасного размещения источника выброса вредного газа.

**Ключевые слова:** выброс оксида серы, газоход, математическое моделирование**ANALYSIS OF THE CONSEQUENCES OF HOT SULFURIC ACID ANHYDRIDE EMISSION DEFEAT THROUGH DISSIPATING PIPE****<sup>1</sup>Shadrina G.R., <sup>2</sup>Kuptsov A.I., <sup>2</sup>Kuptsov I.V., <sup>1</sup>Gimranov F.M.**<sup>1</sup>*Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: prombez@kstu.ru;*<sup>2</sup>*Limited Liability Company «Expert-92», Kazan, e-mail: artpb@yandex.ru*

The technological operation of the forced release of apparatuses, capacitive equipment and pipelines at chemical, petrochemical and gas processing industries is carried out, among other things, by ejecting gases through a gas duct or dispersion candles or a gas duct directly into the atmosphere. One of the methods to improve the level of industrial safety at the enterprises industries is to predict the consequences of burst emissions of hazardous gases. The current methods for analyzing the consequences of a hazardous gas release through dispersion candles and estimating the size of propagation zones do not give an actual idea of real processes of spatio-temporal dispersion of the gas emitted from a candle. This was confirmed by accidents at the gas pipeline connecting the gas condensate field of the Far North, Tomskneftekhim LLC and other facilities, as well as the processing of data on natural gas emissions obtained experimentally. When predicting the consequences of hazardous gas emissions, we propose to use a mathematical model of the process of propagation of gas-air clouds, based on the joint solution of a system of fundamental equations and including the equation of continuity, momentum transfer, energy transfer, turbulent kinetic energy transfer, and turbulent kinetic energy dissipation rate transfer. The results of a study of the release of hot sulfuric anhydride through a gas duct 10 m high and 0.1 m in diameter were analyzed. The following were considered as adverse weather conditions: stable atmosphere (inversion); wind speed at a height of 10 m – 10 m/s; the temperature on the lower surface of the earth was taken as 298K; roughness is taken equal to 0.002 m. Based on the results, it was concluded that when heated sulfuric anhydride is released, even under adverse weather conditions, a zone with a lethal toxodose is formed mainly only in the area where the source of the release is located, and a zone with a threshold toxodose is formed at considerable distances from the candle. Therefore, based on the proposed calculations, it is possible to determine a place for the safe placement of a source of harmful gas emission.

**Keywords:** sulfur trioxide emission, stack of dissipation, mathematical modeling

Известно, что сернистый газ, или диоксид серы, является химическим соединением, состоящим из серы и кислорода (SO<sub>2</sub>). Он растворим как в воде, так и в этиловом спирте. При выделении данного соедине-

ния, как правило, ощущается неприятный запах. Также диоксид серы представляет собой серьезную угрозу здоровью человека. Воздействие этого газа, как правило, приводит к заболеваниям органов дыхания

и слизистых оболочек. На производстве, где выделения сернистого газа избежать невозможно, должен проводиться строгий контроль содержания диоксида в воздухе, а также установлены нормы допустимой концентрации для безопасной работы людей.

Разовая максимально допустимая доля этого газа в воздухе не должна быть более  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , а среднесуточное значение ПДК<sub>ср</sub> должно составлять не более  $0,05 \text{ мг/м}^3$ . Для рабочей зоны (помещения) допустимая норма ПДК<sub>рз</sub> не должна превышать  $10 \text{ мг/м}^3$ .

В промышленных условиях сернистый газ получают различными способами, но в основном процедура происходит в четыре стадии.

От выбранного способа получения сернистого газа зависит перечень применяемого оборудования. Например, используют установки Клауса, в состав которых входят емкости дегазации, печи-реакторы, котлы-утилизаторы и прочее оборудование.

Одним из вариантов вынужденного опорожнения технологического оборудования на опасных производственных объектах является выброс газа через газоход в окружающую среду.

Однако выбросы сернистого газа на предприятии «Крымский Титан» в г. Армянске (Республика Крым) в 2018 г. без учета метеоусловий привели к многочисленным жалобам населения на сыпь, зуд и высокую температуру. В конечном счете около 3000 человек из местного населения отправили в детские лагеря и санатории для поправки здоровья. В 2020 г. при аварии на заводе «Тенгизшевройл» в Казахстане, когда из-за роста давления в печи сернистый газ выбрасывали через вертикальную трубу в течение 20 минут, потребовалась полная эвакуация персонала.

Таким образом, исследование распространения выброшенного токсичного газа на сегодняшний день является актуальной задачей.

В настоящее время для оценки перемещения опасного газа используются: руководство по безопасности факельных систем [1] и методика расчетов рассеивания выбросов вредных веществ [2].

Однако эксперименты по выбросам газа через источники рассеивания, а также анализ аварий показали, что возникает вероятность накопления у земной поверхности опасного газа в концентрациях, которые значительно превышают предельно допустимые [3].

В связи с этим возникает острая проблема при получении корректных данных по распространению опасного газа с учетом влияния на процесс метеоусловий (класса

устойчивости атмосферы, скорости ветра), а также режимных и конструктивных параметров газохода или свечи рассеивания.

Для прогнозирования перемещений опасного газа в атмосфере в настоящее время применяются физико-математические модели CFD (computational fluid dynamics, вычислительная гидродинамика). Для проведения вычислений по таким моделям используют сложные вычислительные комплексы, например Fluent [4].

В данной статье описано исследование применения физико-математической модели для анализа распространения выбросов опасного газа при опорожнении емкости через газоход. Степень проработанности темы зависит от достоверности полученных результатов.

#### Математическая модель

С целью прогнозирования перемещений и последствий выбросов опасного газа авторы предлагают использовать физико-математическую модель [5], включающую одновременное решение системы уравнений (1–6):

уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial x_i} = 0, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха или газо-воздушной смеси,  $\text{кг/м}^3$ ;  $x_i$  – координаты  $x, y, z$  в метрах ( $x$  – координата в направлении ветра;  $y$  – координата в направлении поперек ветра;  $z$  – вертикальная координата);  $u_i$  – компоненты осредненной скорости ветра  $u, v, w$ , м/с;  
уравнение переноса импульса:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = \\ & = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \right] - \\ & - \frac{\partial(\overline{\rho u'_i u'_j})}{\partial x_j} + \rho g_i, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $p$  – давление, Па;  $u'_i$  – пульсационные составляющие компонентов скорости, м/с;  
уравнение переноса энергии:

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i h)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \lambda + c_p \frac{\mu_i}{Pr_i} \right) \frac{\partial T}{\partial x_i}, \quad (3)$$

где  $h = c_p T$  – энтальпия, кДж/кг;  $c_p$  – удельная теплоемкость при постоянном давлении, кДж/(кг·К);  $T$  – температура воздуха, К;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $Pr_i$  – турбулентное число Прандтля,  $Pr_i = 0,85$ ;

уравнение переноса газа:

$$\frac{\partial(\rho Y_s)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i Y_s)}{\partial x_i} = x \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \rho D + \frac{\mu_t}{Sc_i} \right) \frac{\partial Y_s}{\partial x_i} \right] + S_c, \quad (4)$$

где  $Y_s$  – массовая доля компонента  $s$  газозвушной смеси;  $Sc_i$  – турбулентное число Шмидта;  $D$  – коэффициент молекулярной диффузии, зависящий от состава смеси,  $m^2/c$ ;  $S_c$  – источниковый член, определяющий генерацию газовой примеси,  $kg/(m^3 \cdot c)$ ;

уравнение переноса  $k$  (турбулентной кинетической энергии):

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \text{grad } k \right] + 2 + 2\mu_t E_{ij} E_{ij} + G_b - \rho \varepsilon + S_k, \quad (5)$$

где  $S_k$  – источниковый член, служащий коррекцией турбулентности,  $kg/m \cdot c^3$ ;  $G_b$  – член генерации (подавления) турбулентности;

уравнение переноса  $\varepsilon$  (скорости диссипации турбулентной кинетической энергии):

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \text{grad } \varepsilon \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (2\mu_t E_{ij} E_{ij} + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon, \quad (6)$$

где  $S_\varepsilon$  – источниковый член, служащий коррекцией турбулентности, который здесь принимается равным нулю,  $kg/(m \cdot c^4)$ ; тензор  $E_{ij}$  определяется стандартными выражениями  $k$ - $\varepsilon$  модели;  $C_{1\varepsilon}$ ,  $C_{2\varepsilon}$ ,  $C_{3\varepsilon}$ ,  $\sigma_k$ ,  $\sigma_\varepsilon$  – коэффициенты турбулентности;  $C_{3\varepsilon}$  – коэффициент, связанный с силами плавучести.

Верификация модели проведена в ФГБОУ ВО «КНИТУ» [6] и в ООО «Газпром Трансгаз Ставрополь» [7].

Расчеты турбулентного числа Шмидта  $Sc_i$ , профиля коэффициента турбулентной диффузии подробно описаны в работах [8–12]. Авторами же использовалась модификация стандартной  $k$ - $\varepsilon$  модели турбулентности: принимались следующие константы турбулентности:  $C_1 = 1,176$ ;  $C_2 = 1,92$ ;  $C_3 = 0,0333$ ;  $\sigma_k = 1,0$ ;  $\sigma_\varepsilon = 1,3$ ; модифицированный источниковый член  $S_k$  ( $kg/m \cdot c^3$ ), служащий коррекцией турбулентности в уравнении для переноса кинетической энергии турбулентности  $k$ :

$$S_k = -\beta g_i^2 \frac{\mu_t}{C_p Pr_t}$$

Результаты в предыдущих работах [6, 7] показали, что коэффициенты турбулентной диффузии, полученные с использованием модифицируемого источника в  $k$ - $\varepsilon$  standard модели, не сильно отличаются от коэффициентов турбулентной диффузии, полученных по данным Мони́на и Обухова [13, 14].

Для корректного использования граничных условий в расчетах разработаны специальные пользовательские функции (UDF) на языке C++ [15]. Как правило, параметры атмосферного пограничного слоя (динамическая скорость, шероховатость, температура поверхности земли, средняя плотность воздуха, тепловой поток земли, масштаб длины Мони́на–Обухова, масштаб температуры и т.д.) задаются через приближительные значения интенсивности и масштаба турбулентности. Однако значения вышеперечисленных параметров можно задавать как граничные условия расчетной области в виде следующих функций [7]:

1) при моделировании неустойчивого состояния атмосферы  $L < 0$ :

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \left[ \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + \ln\left(\frac{8 \cdot \Phi_m^4(z/L)}{(\Phi_m(z/L) + 1)^2 \cdot (\Phi_m^2(z/L) + 1)}\right) - \frac{\pi}{2} + 2 \cdot \text{arctg}\left(\frac{1}{\Phi_m(z/L)}\right) \right]; \quad (7)$$

$$T(z) = T_0 + \frac{T_*}{\kappa} \left[ \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - 2 \ln\left(\frac{1}{2}(1 + \Phi_m^{-2}(z/L))\right) \right] - \frac{g}{C_p} (z - z_0); \quad (8)$$

$$\varepsilon = \frac{u_*^3}{\kappa z} \Phi_E(z/L); \quad (9)$$

$$k = \frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}} \sqrt{\frac{\Phi_E(z/L)}{\Phi_m(z/L)}}; \quad (10)$$

$$\Phi_m(z/L) = (1 - 16 \cdot z/L)^{-1/4}; \quad (11)$$

$$\Phi_E(z/L) = 1 - z/L, \quad (12)$$

где  $u(z)$  – скорость ветра на высоте  $z$ , м/с;  $z_0$  – высота шероховатости, м;  $\Phi_m(z/L)$ ,  $\Phi_E(z/L)$  – универсальные безразмерные функции;  $T(z)$  – температура на высоте  $z$ , К;  $T_0$  – температура поверхности (земли), К;  $T_*$  – масштаб температуры, К;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

2) при моделировании нейтрального состояния атмосферы  $L = \infty$ :

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \left[ \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]; \quad (13)$$

$$T(z) = T_0 - \frac{g}{C_p} (z - z_0); \quad (14)$$

$$\varepsilon = \frac{u_*^3}{\kappa z}; \quad (15)$$

$$k = \frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}}; \quad (16)$$

3) при моделировании устойчивого состояния атмосферы  $L > 0$ :

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \left[ \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + (\Phi_m(z/L) - 1) \right]; \quad (17)$$

$$T(z) = T_0 + \frac{T_*}{\kappa} \left[ \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + (\Phi_m(z/L) - 1) \right] - \frac{g}{C_p} (z - z_0); \quad (18)$$

$$\varepsilon = \frac{u_*^3}{\kappa z} \Phi_E(z/L); \quad (19)$$

$$k = \frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}} \sqrt{\frac{\Phi_E(z/L)}{\Phi_m(z/L)}}; \quad (20)$$

$$\Phi_m(z/L) = 1 + 5 \cdot z/L; \quad (21)$$

$$\Phi_E(z/L) = 1 + 4 \cdot z/L. \quad (22)$$

Для оценки распространения выброса горячего ангидрида впервые использовалась модифицированная физико-математическая модель (модификация стандартной  $k$ - $\varepsilon$  модели турбулентности) с учетом особенностей метеоусловий (выполнена увязка параметров атмосферы с предложенной моделью). В расчетах распространения профили скорости, температуры и турбулентных характеристик зависят от масштаба длины Монина–Обухова.

*Анализ последствий выброса горячего ангидрида серной кислоты через газоход*

На практике физико-математическая модель использовалась нами при оценке распространения выброса горячего ангидрида серной кислоты (температура = 390К и скорость выброса = 206,5 м/с) через газоход диаметром 0,1 м и высотой 10 м.

Неблагоприятные метеоусловия в расчетах принимались как:

- устойчивая атмосфера (инверсия);
- скорость ветра на высоте 10 м – 10 м/с;
- температура на нижней поверхности земли учитывалась как 298К;
- шероховатость принята равной 0,002 м.

Анализ динамики формирования облака нагретого ангидрида серной кислоты показал, что при опорожнении емкости (рис. 1) наблюдается образование над оголовком газохода газовоздушной струи, которая затем вытягивается по направлению ветра. Объемная доля ангидрида серной кислоты выше 0,1% об. до высоты 70 м от земной поверхности с заметно выраженным шлейфом, направленным по ветру. Важно и то, что объемная доля ангидрида серной кислоты выше 0,001% об. будет достигнута лишь в 50 м от газохода, а зона с пороговой токсодозой  $PCt_{50}$  будет выражена уже в 20 м от газохода (рис. 2). Следовательно, зона с летальной токсодозой  $LCt_{50}$  образуется только над газоходом до высоты 40 м, т.е. непосредственно в расположении источника выброса.

Таким образом, при выбросе нагретого ангидрида серной кислоты (температура = 390К, скорость выброса = 206,5 м/с) через газоход или свечу рассеивания диаметром 0,1 м и высотой 10 м зона с летальной токсодозой формируется в основном только над источником выброса (40 м) даже при неблагоприятных метеоусловиях, а зона с пороговой токсодозой образуется на значительных расстояниях от газохода (несколько сотен метров). Нами проделаны расчеты при других начальных условиях, которые также подтверждают данный вывод.

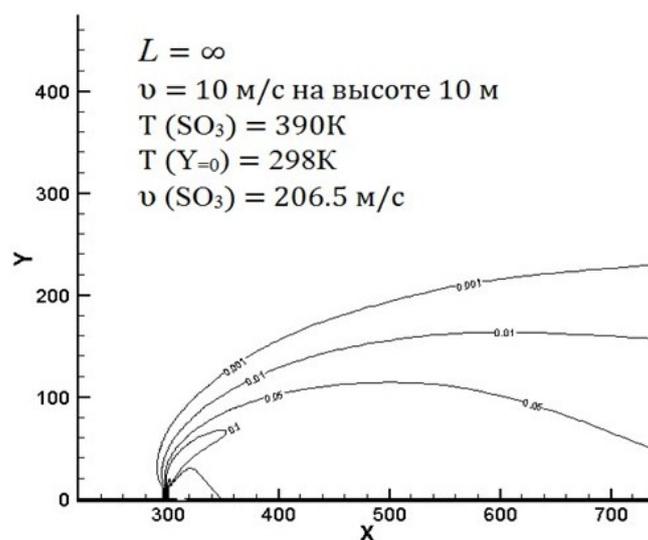


Рис. 1. Выброс горячего  $\text{SO}_3$ . Концентрация  $\text{SO}_3$  представлена в объемных долях

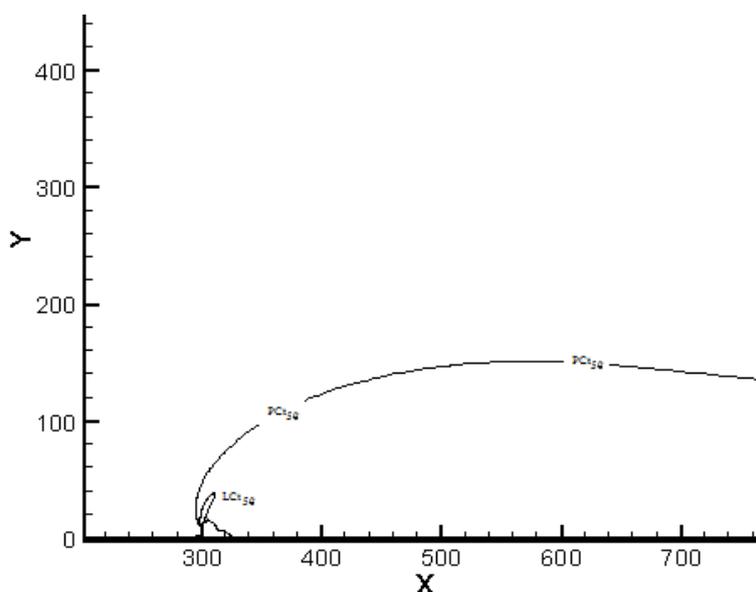


Рис. 2. Выброс горячего  $\text{SO}_3$ .  $LCt_{50} = 18 \text{ мг}\cdot\text{мин/л}$ ;  $PCt_{50} = 1,8 \text{ мг}\cdot\text{мин/л}$

Подобные вычисления дают возможность разместить источник выброса вредного газа на безопасном расстоянии. Применение расчетов с оценкой распространения вредных веществ позволяет снизить риски возникновения аварий на опасных производственных объектах и используется в документах для эксплуатации предприятий, таких как декларации промышленной безопасности, планы мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, планы локализации и ликвидации аварий и др. [16–18].

### Заключение

В статье при помощи описанной физико-математической модели распространения выброшенного опасного газа через газоход при опорожнении емкости проанализировано пространственно-временное распространение ангидрида серной кислоты при неблагоприятных метеоусловиях.

Зона с летальной токсодозой при рассматриваемых выбросах формируется только над газоходом. Данные расчеты позволяют определить место для проектирования без-

опасного размещения источника выброса вредного газа, а также могут применяться в документах для эксплуатации предприятий, таких как планы мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, планы локализации и ликвидации аварий и др.

### Список литературы

1. Руководство по безопасности факельных систем. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2019. 48 с.
2. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. М.: Интеграл, 2017. 156 с.
3. Купцов А.И., Исламхузин Д.Я., Акберов Р.Р., Гимранов Ф.М. Проблемы расчета рассеивания легких газов в атмосфере при их выбросах со свечи с учетом рельефа и застройки местности и атмосферной устойчивости // Вестник технологического университета. 2014. № 6. С. 284-286.
4. ANSYS Fluent Tutorial Guide. Release 18.0. [Электронный ресурс]. URL: <http://users.abo.fi/rzevenho/ansys-fluent-2018-tutorial-guide.pdf> (дата обращения: 02.03.2022).
5. Купцов А.И., Исламхузин Д.Я., Акберов Р.Р., Гимранов Ф.М. Численное моделирование пограничного слоя атмосферы с учетом ее стратификации // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-7. С. 1452-1460.
6. Купцов А.И., Исламхузин Д.Я., Гимранов Ф.М. Экспериментальная установка для имитации процессов распространения облаков газов // Вестник технологического университета. 2013. № 4. С. 229-232.
7. Купцов А.И., Акберов Р.Р., Гимранов Ф.М. Влияние метеоусловий на динамику рассеивания опасного газа, сбрасываемого через технологические свечи // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2015. № 4. С. 171-177.
8. Alinot C., Masson C. Aerodynamic simulations of wind turbines operating in atmospheric boundary layer with various thermal stratifications. ASME Conference Proceedings. 2002. № 7476X. P. 206-215.
9. Alinot C. Masson C. K-ε model for the atmospheric boundary layer under various thermal stratifications. Journal of Solar Energy Engineering. 2005. № 4. P. 438-443.
10. Blocken, B., Stathopoulos T., Carmeliet J. CFD simulation of the atmospheric boundary layer. Atmospheric Environment. 2007. № 41. P. 238-252.
11. Галеев А.Д., Поникаров С.И., Салин А.А. Моделирование последствий аварийного пролива бинарного раствора с использованием программы Fluent // Математическое моделирование. 2011. № 7. С. 129-144.
12. Шестакова А.А., Галеев А.Д., Поникаров С.И. Анализ влияния турбулентного числа Шмидта на результаты численного моделирования экспериментов с выбросом сжиженного аммиака FLADIS // Вестник технологического университета. 2017. № 12. С. 112-115.
13. Монин А.С., Обухов А.М. Основные закономерности турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы // Труды Геофизического института АН СССР. 1954. № 24. С. 163-187.
14. Обухов А.М. Турбулентность и динамика атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 413 с.
15. Зиганшин А.М. Вычислительная гидродинамика. Постановка и решение задач в процессоре Fluent: Методическое пособие для учебной и научной работы студентов направления «Строительство» (квалификация «бакалавр» и «магистр») и аспирантов специальности 05.23.03. Казань: Изд-во Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2013. 79 с.
16. Александров К.С., Галеев А.Д. Математическое моделирование испарения бензина с поверхности аварийного пролива в среде Mathcad // Вестник технологического университета. 2020. № 3. С. 97-100.
17. Шестакова А.А., Галеев А.Д., Поникаров С.И. Основные подходы моделирования последствий аварий при струйном истечении сжиженных газов // Вестник технологического университета. 2018. № 9. С. 108-112.
18. Кузнецов К.М., Галеев А.Д. Математическое моделирование взаимодействия водяной завесы и токсичного облака на основе метода вычислительной гидродинамики // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 5. С. 25-31.

## НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 004.896:69.002.5

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
УПЛОТНЕНИЕМ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ****Прокопьев А.П.***ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: prok1@yandex.ru*

Эффективное управление дорожными машинами в процессе уплотнения асфальтобетонных смесей имеет решающее значение для обеспечения нормативных сроков службы дорожных покрытий автомобильных дорог. Традиционно уплотнение смесей осуществляет отряд дорожных машин – асфальтоукладчик и катки легкого, среднего и тяжелого типов. Технологические процессы укладки и уплотнения слоев асфальтобетонных дорожных покрытий в Российской Федерации могут быть усовершенствованы за счет автоматизации и оптимизации организации процессов уплотнения асфальтобетонных смесей укладчиками и дорожными катками на базе достижений в области цифровизации и искусственного интеллекта. Рассмотрены теоретические основы нового класса организационно-технических систем – интеллектуальных систем управления уплотнением, принципы функционирования которых предусматривают обеспечение заданного качества уплотнения асфальтобетонных смесей в процессе строительства автомобильных дорог. Разработка систем этого класса обусловлена в первую очередь переходом к цифровым, интеллектуальным и неразрушающим технологиям в дорожном строительстве. Представлены результаты анализа технологического процесса строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, теоретических положений взаимодействия асфальтоукладчиков и катков с дорожными материалами при уплотнении. Определены факторы процесса уплотнения, оказывающие основное влияние на качество дорожных покрытий. Обосновано использование методов искусственного интеллекта для разработки интеллектуальных систем управления уплотнением асфальтобетонных смесей.

**Ключевые слова:** асфальтобетонная смесь, уплотнение, асфальтоукладчик, дорожный каток, система контроля, интеллектуальная система управления

**THEORETICAL FOUNDATIONS OF BUILDING INTELLIGENT  
CONTROL SYSTEMS FOR COMPACTION ASPHALT MIXTURES****Prokopen A.P.***Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: prok1@yandex.ru*

Effective management of road machines in the process of compaction asphalt mixtures is crucial to ensure the standard service life of asphalt pavements. Traditionally, the compaction of asphalt mixtures is carried out by a detachment of road vehicles – an paver and rollers of light, medium and heavy types. Technological processes of laying and compacting layers of asphalt road surfaces in the Russian Federation can be improved by automating and optimizing the organization of the processes of compacting asphalt mixtures by pavers and road rollers based on advances in digitalization and artificial intelligence. The theoretical foundations of a new class of organizational and technical systems – intelligent compaction control systems, the principles of functioning which provide for ensuring a given quality of compaction asphalt concrete mixtures in the process of road construction are considered. The development of systems of this class is due, first of all, to the transition to digital, intelligent and non-destructive technologies in road construction. An analysis of the technological process of construction the upper layers of asphalt pavements roads, theoretical provisions of the interaction pavers and rollers with road materials during compaction is carried out. The factors of the compaction process, which have the main impact on the quality of road surfaces, have been determined. The use of artificial intelligence methods for the development of intelligent control systems for the compaction of asphalt mixtures has been substantiated.

**Keywords:** asphalt mixture, compaction, paver, road roller, control system, intelligent control system

Повышение качества и увеличение срока службы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог является народнохозяйственной проблемой, для решения которой требуется привлечение передовых достижений в области цифровизации, глобальных навигационных спутниковых систем, мобильной связи, технических средств автоматизации, и других средств и инструментов, являющихся элементами развития концепции «Индустрия 4.0» и концепции следующей эпохи промышленной революции.

Программой цифровизации в сфере дорожного хозяйства в Российской Федерации (Распоряжение Министерства транспорта

Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № ВС-105-р) предусмотрены мероприятия, направленные на формирование и ведение информационных моделей объектов капитального строительства для всех автомобильных дорог. Высокий уровень развития сетей Интернет, мобильной связи, глобальных навигационных спутниковых систем, способствуют процессам цифровизации дорожной отрасли. В дорожной отрасли имеется значительное отставание в области цифровизации по сравнению с отраслями машиностроения и др.

За счет качественного уплотнения слоев асфальтобетонных (АБ) материалов уклад-

чиками и дорожными катками статического и вибрационного типов можно устранить до 50% недостатков дорожных покрытий в период эксплуатации и увеличить срок их службы [1, 2]. Основные достоинства асфальтобетонных покрытий: большой срок службы; применение в разных климатических регионах; возможность применения для высоконагруженных автомобильных дорог; хорошие показатели ровности поверхности, комфорта для автотранспорта; рациональные затраты на строительство, эксплуатацию и ремонт; удобство обслуживания во время эксплуатации; вторичное использование материала.

Традиционно уплотнение АБ смесей выполняет отряд дорожных машин – асфальтоукладчик и дорожные катки разного типа. Асфальтоукладчик обеспечивает технологические операции: приемку асфальтобетонной смеси; транспортирование к месту укладки; распределение АБ смеси по ширине покрытия; нивелирование поверхности; предварительное уплотнение АБ смеси. Машинисты асфальтоукладчиков во время работы испытывают большую физическую и умственную нагрузку, что может приводить к ошибкам принятия решений в управлении. Все процессы, кроме уплотнения, в асфальтоукладчиках автоматизированы. Уплотняющую способность современных асфальтоукладчиков можно оценивать как высокую. Это доказано при проведении полевых и лабораторных экспериментальных исследований зарубежными и отечественными учеными, когда были получены значения коэффициента уплотнения, соответствующие нормативным [3–5].

Согласно действующему ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства» степень уплотнения асфальтобетона характеризуется коэффициентом уплотнения  $K_y$ . В конструктивных слоях дорожной одежды его оценивают по формуле [6]

$$K_y = \rho_m^a / \rho^a, \quad (1)$$

где  $\rho_m^a$  и  $\rho^a$  – соответственно средняя и действительная плотность образцов асфальтобетона из конструктивного слоя по ГОСТ 12801-98, г/см<sup>3</sup>.

Структура асфальтобетона – совокупность признаков, определяющих его пространственное расположение компонентов и характер связи между ними, оценивается величиной плотности и пористости дорожного материала. В работе [6] доказано аксиоматическое утверждение, что если остаточная пористость асфальтобетона соответствует требованиям норм, то и степень его уплотнения соответствует требованиям

норм, и наоборот. Оно вытекает непосредственно из формулы (1):

$$K_y = \rho_m^a / \rho^a = 1 - 0,01 \cdot V_{\text{пор}}^a, \quad (2)$$

где  $V_{\text{пор}}^a$  – остаточная пористость асфальтобетона, %.

Из формулы (2) следует, что оценку качества уплотнения при использовании различных неразрушающих технологий можно выполнять, определяя величину пористости  $V_{\text{пор}}^a$  или коэффициента уплотнения  $K_y$ .

Важно отметить, что процесс уплотнения АБ смеси укладчиком происходит при температуре 140–130 °С, когда сопротивление смеси меньше, чем при уплотнении дорожными катками легкого, среднего и тяжелого типов (при 120–90 °С). В случае реализации укладчиком 100% плотности комплект ДСМ может уменьшиться до одного типа тяжелого вибрационного или статического катка, что обеспечивает экономический эффект из-за снижения расходов на аренду катков (меньше количество и типоразмеров катков), а также сокращения количества проходов. Хотя бы один статический тяжелый каток рекомендуется использовать для завершения формирования структурной прочности асфальтобетона, которое сопровождается дополнительным смещением частиц относительно друг друга в условиях усиливающейся клеящей способности дорожного битума, а также для получения более высокого качества ( $K_y = 1,00–1,10$ ), что правильно для увеличения срока службы покрытия [5]. С увеличением коэффициента уплотнения асфальтобетонных смесей увеличиваются её физико-механические свойства [7, 8] (табл. 1).

При строительстве верхних слоев АБ покрытий за рубежом используются повышенные скорости укладки смеси. В США скорость укладки до 20 м/мин, с обязательным обеспечением устранения температурной и фракционной сегрегации смеси, автоматическим управлением нивелирования и контролем температуры по ширине поверхности. В европейских странах скорость укладки смесей до 6–7 м/мин, в Российской Федерации – 2–3 м/мин. Поэтому в США и Европе большое внимание в технологическом процессе уплотнения уделяется работе дорожных катков.

Асфальтоукладчики обеспечивают укладку смеси и предварительное уплотнение. Для автоматизации дорожных катков ведущими зарубежными компаниями разработаны системы, реализующие неразрушающие технологии «интеллектуального уплотнения» (IC, Intelligent Compaction) и «непрерывного контроля уплотнения» (CCC, Continuous Compaction Control).

Таблица 1

Значения коэффициента уплотнения АБ смеси и соответствующие ему физико-механические свойства асфальтобетонных покрытий

Коэффициент уплотнения АБ смеси	0,97	0,98	0,99	1,0	1,01
Прочность АБ покрытий, %	75	88	100	110	122
Долговечность АБ покрытий, %	70	85	100	112	125

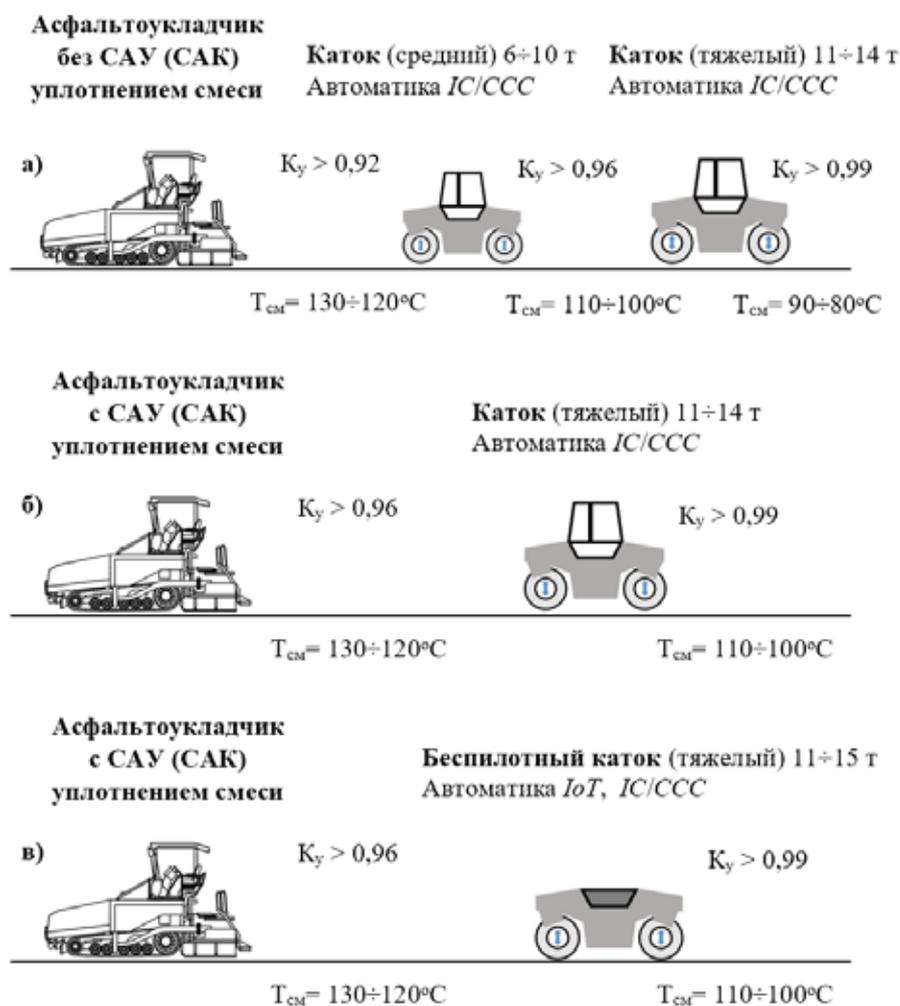


Рис. 1. Варианты отрядов машин для уплотнения асфальтобетонных смесей:

- а) традиционная технология уплотнения;  
 б) технология с автоматизацией процесса уплотнения смеси асфальтоукладчиком;  
 в) перспективный вариант технологии уплотнения

Физический смысл технологии IC/CCC заключается в наличии функциональной зависимости степени уплотнения дорожного материала от его жесткости. Изменение жесткости материала оценивается по амплитудам и частотам гармонических колебаний вибрационного вальца. Автоматизированные системы контроля уплотнения для асфальтоукладчиков не разработаны.

Целью работы является разработка теоретических основ построения интеллектуальной системы управления уплотнением асфальтобетонных смесей.

Объектом исследования являются системы управления уплотнением асфальтобетонных смесей.

Предметом исследования являются экспериментальные и математические модели

показателей качества уплотнения асфальтобетонных смесей, методы искусственного интеллекта, системного анализа, а также способы повышения эффективности технологических процессов уплотнения.

В состав системы управления уплотнением АБ смесей входят взаимодействующие между собой: асфальтоукладчик – асфальтобетонная смесь; дорожные катки с гладкими вальцами – асфальтобетонная смесь; асфальтоукладчик – дорожные катки.

Рассматривается приводной и тактический уровни иерархии интеллектуальных систем управления [9], в разных вариантах автоматизированных отрядов дорожных машин (рис. 1).

На схеме (рис. 1, а) показан современный вариант технологического процесса уплотнения, при этом используются автоматизированные вибрационные катки, оснащенные приборами непрерывного контроля уплотнения (системы ИС/ССС). В предлагаемом варианте технологии уплотнения (рис. 1, б) предусматривается использование принципа максимальной уплотняющей эффективности асфальтоукладчиков, оснащенных САУ (САК) уплотнения и применение автоматизированных вибрационных (вибрационно-осциллирующих) катков тяжелого типа (11–14 т). Перспективный усовершенствованный вариант технологии (рис. 1, в) предполагает использование беспилотных (автономных) катков тяжелого типа. Такой вариант соответствует современным тенденциям цифровизации технологических процессов, внедрения киберфизических систем, использования Интернета вещей. Опытно-конструкторские работы по созданию автономных (беспилотных) дорожных катков, разработке автоматических систем контроля и мониторинга качества уплотнения на базе интернета вещей проводят ведущие мировые производители [10–12].

Взаимодействие между АУ и катками информационное, посредством сетей беспроводной связи. Асфальтоукладчики и катки создают силовое трамбуемое (трамбуемый брус), вибрационное (вибрационная плита, вибрационный валец катка) и статическое (валец катка) уплотняющее воздействие на асфальтобетонную смесь. Заключительное уплотнение АБ смеси тяжелыми катками – 2–4 прохода по одному следу, с использованием вибрационного или статического режимов, в зависимости от степени уплотнения смеси после укладчика.

Для разработки теоретических основ интеллектуальной системы управления уплотнением требуется провести анализ объекта управления, а также получить ее информационное описание.

*Теоретические основы процесса управления уплотнением асфальтобетонных смесей асфальтоукладчиками и дорожными катками*

В соответствии с СП 78.13330.2012 «Автомобильные дороги»: асфальтобетонная смесь: Рационально подобранная смесь минеральных материалов с органическим вяжущим, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии. Асфальтобетонные смеси получают в асфальтосмесительных установках непрерывного или циклического действия в результате перемешивания в смесителе нагретых до температуры 160–180 °С и загруженных в определенных пропорциях инертных материалов (щебня, песка), минерального порошка, битума и поверхностно-активных добавок [13].

В результате уплотнения АБ смесей рабочими органами асфальтоукладчиков и дорожных катков формируется макро-, мезо- и микроструктура асфальтобетона. Эти структуры, в зависимости от содержания зерен щебня (макро), песчаных зерен (мезо), частиц минерального порошка (микро) в составе смеси, создают подструктуры базальную, переходного типа и контактную [14]. Типовой способ уплотнения представляется как давление на слой смеси штампом, за счет которого происходит уменьшение расстояний между частицами разного размера. Сопротивление перемещению частиц создают в начальный период пленки объемного битума, а далее структурированного битума. Большие частицы должны перемещать в менее плотное пространство мелкие частицы, перемещать или обходить близкие по размеру частицы, а также преодолевать зацепление частиц друг за друга. В процессе сближения частиц и увеличения плотности асфальтобетонного слоя его сопротивление дальнейшему уменьшению толщины растет, для преодоления его давление должно усиливаться. Эти взаимодействия имеют место до момента получения слоя заданной плотности, определяемой по значениям средней плотности и остаточной пористости. В реальных условиях строительства это управляется коэффициентом уплотнения, представляющим собой отношение достигнутой плотности, к стандартной плотности, определенной на стадии подбора смеси [15].

Исследованию физико-механических и теплофизических свойств асфальтобетонных смесей, методов теоретического описания напряженно-деформированного состояния асфальтобетонных смесей, асфальтобетона посвящены работы отечественных и зарубежных ученых, среди которых можно выделить два подхода: термодинамический –

А.М. Завьялов, М.А. Завьялов, Е. Masad, H.L. Huerne, K.R. Rajagopal, S. Koneru, A. Scarpas, C. Kasbergen, K. Emad, Z. Hossain и др., – и реологический – Н.Я. Хархута, А.М. Богуславский, В.И. Баловнев, В.Б. Пермяков, Я.А. Калужский, С.И. Иванченко, R.N.J. Saal, R.R. Stander, J.W.A. Labout, A.A. Zaman, C.L. Beatty, R. Anderegg, A.L. Fricke, A. Zbiciak, K. Kaufmann, F. Beainy, A. Felten Dominik, S. Commuri, M.A. Zaman, S.A. Imran и др.

Асфальтобетонная смесь – сложный композиционный материал, который в процессе уплотнения проявляет упругие, вязкие и пластические свойства. Для теоретического описания поведения ее в напряженно-деформированном состоянии при механическом воздействии используются реологические модели. Они представляют собой упрощенные механические модели: упругое тело – пружина; вязкая жидкость – демпфер; идеальное пластичное тело – пара трения. Сложные реологические модели дорожных материалов получают из элементов, каждый из которых (или их сочетание) дает представление о базовых свойствах материала и характере напряженно-деформированного состояния под действием внешних уплотняющих нагрузок. Параметры реологических моделей асфальтобетонных смесей зависят от типа смеси, температуры, содержания и вязкости битума. Они практически не зависят от скорости нагружения слоев АБ смесей в диапазоне 0,02–0,10 м/с.

Реологические свойства асфальтобетонной смеси характеризуются ползучестью и проявлением релаксации напряжений. Механические характеристики уплотняемого материала – упругость, вязкость и пластичность – описываются фундаментальными реологическими моделями. К фундаментальным относятся реологические модели Гука (идеально упругое тело), Ньютона (идеально вязкое тело) и Сен-Венана (идеально пластичное тело). Для описания более сложных свойств асфальтобетонных смесей используются многоэлементные системы, такие как модель Кельвина – Фойгта, Бюргерса, Богуславского, Бингама, Шведова, лестничного типа и др. [16, 17]. Обоснование и выбор реологической модели зависит от конкретной решаемой задачи и принятых допущений. Многие исследователи для моделирования процесса взаимодействия уплотняющих органов машин с асфальтобетонными смесями используют реологическую модель тела Кельвина – Фойгта [18, 19].

Один из подходов к исследованию реологических свойств деформируемых дорожных материалов с применением теории наследственной ползучести упруго-вязко-

пластичных материалов предложен в работе [20] и получил развитие в статье [21]. Для повышения эффективности исследований с использованием реологических моделей в работах В.А. Богомолова, В.К. Жданюк, С.В. Богомолова [22–24], А.М. Богуславского [25] и других ученых рассмотрены методы автоматизированного создания моделей дорожных материалов. Теоретические основы построения реологических моделей для моделирования рабочих процессов транспортно-технологических и дорожно-строительных машин рассмотрены в работах В.И. Баловнева [26, 27].

Исследованием рабочих процессов и разработкой конструкций асфальтоукладчиков и дорожных катков занимались и занимаются ученые и коллективы научно-исследовательских институтов и вузов: ВНИИ-Истройдормаш, СоюздорНИИ, МАДИ, ХАДИ, СПбГПУ, СиБАДИ, ЯГТУ, ВолгГАСУ, ВГАСУ, ТОГУ, СФУ и др. Экспериментальным исследованиям технологических процессов и вопросам теории уплотнения дорожных материалов посвящены научные работы зарубежных ученых L.W. Nijboer, P. Böhmer, H. Thurner, Å. Sandström, L. Forssblad, D. Adam, R. Anderegg, D.J. White, M. Mooney, K. Kaufmann, P. Vennapusa, S. Commuri, M. Zaman, J. Pistor, S.A. Imran, и отечественных ученых В.Ф. Бабкова, В.И. Баловнева, О.Т. Батракова, А.К. Бируля, Я.А. Калужского, А.М. Холодова, А.А. Наседкина, Н.Я. Хархуты, Н.А. Ульянова, В.Б. Пермякова, С.Н. Иванченко, Д.Г. Суворова, А.А. Шестопалова, А.В. Захаренко, Н.Н. Иванова, А.Ю. Прусов, Ю.Я. Андрейченко, Ю.М. Васильева, В.В. Бадалова, С.А. Варганова, Н.П. Воцинина, А.А. Иноземцева, Б.С. Марышева, М.П. Костельова, Ф.К. Ломанова, Е.М. Куприянова, В.А. Смоленцева, С.Б. Партнова, М. Беккера, М.А. Завьялова, А.Ф. Зубкова, Г.В. Кустарева, С.В. Носова, Е.К. Чабуткина, Ю.С. Сачук, С.В. Савельева, В.В. Дубкова, А.В. Шапошникова, К.В. Беляева, С.А. Милюшенко, И.С. Тюремнова, Н.А. Кондрашова, А.С. Морева, А.В. Бойцева, Е.А. Шишкина и др.

Современные рабочие органы асфальтоукладчиков состоят из выравнивающей плиты (статической или вибрационной), трамбуемого бруса с кинематическим приводом, прессующих планок с гидроприводом. В разном сочетании этих элементов существуют варианты компоновки рабочих органов АУ, рис. 2: 1) трамбуемый брус + вибрационная плита; 2) трамбуемый брус + выравнивающая плита + планка; 3) трамбуемый брус + выравнивающая плита + две планки; 4) трамбуемый брус + вибрационная плита + две планки [28].

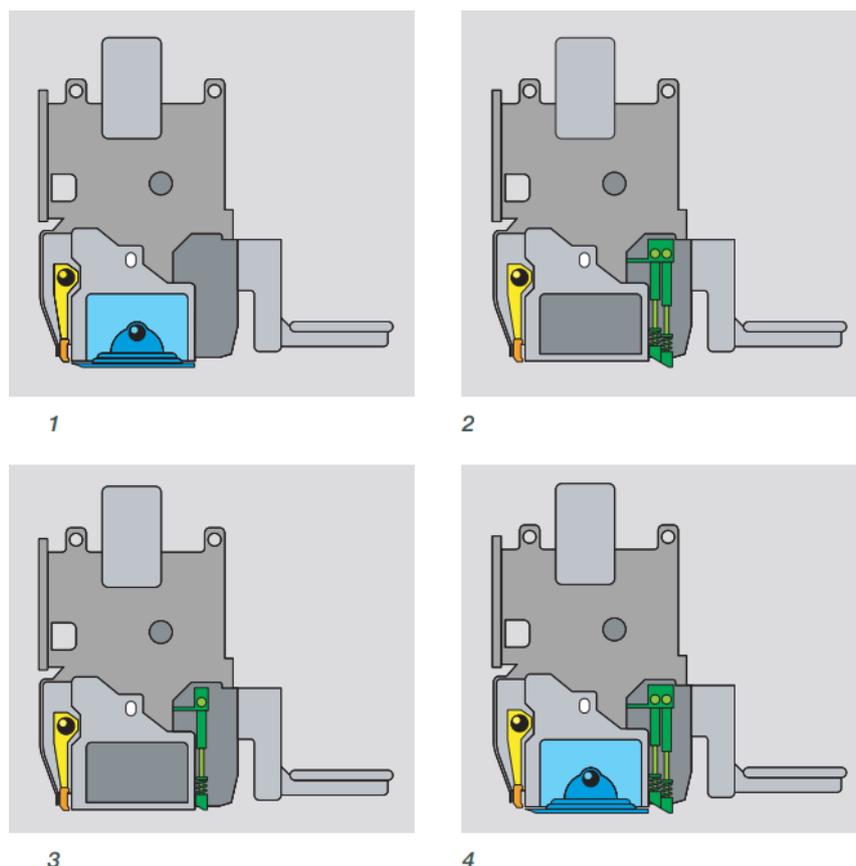


Рис. 2. Типовые компоновки рабочих органов АУ

Процесс уплотнения смеси асфальтоукладчиком представляет собой деформирование АБ смеси трамбующим брусом, имеющим кинематический привод, вибрационной плитой, прессующими планками. Цикл уплотнения смеси асфальтоукладчиком представляет собой несколько ударов трамбующим брусом (например, при скорости АУ 3,2 м/с и частоте трамбования  $1300 \text{ мин}^{-1}$  – 5 ударов брусом), после чего достигается максимальная степень уплотнения смеси при установленных режимах.

С учетом постоянной скорости АУ, цикл уплотнения АБ смеси характеризуется как одинаковый промежуток времени, за который должно происходить не менее 4–6 ударов, в зависимости от частоты эксцентрикового вала. Асфальтоукладчик с рабочим органом «трамбующий брус – вибрационная плита» основное уплотнение обеспечивает трамбующим брусом (4–6 ударов), а плита только улучшает качество АБ поверхности и позволяет увеличить скорость укладки. Динамические переменные процесса уплотнения АБ смесей – частота вибрации, амплитуда, скорость и ускорение элементов конструкции и материала, за-

висят от физико-механических характеристик уплотняемого материала и изменяются в процессе его уплотнения. Амплитуду колебаний уплотняющего в зависимости от изменений плотности материала следует корректировать [29].

Эффективное уплотнение дорожно-строительных материалов, по исследованиям профессора Н.Я. Хархуты, характеризуется накоплением материалом остаточных деформаций и обеспечивается при соблюдении условия, при котором контактные давления, возникающие под уплотняющим рабочим органом (вальцом, колесом, плитой), не должны превышать предела прочности материала, т.е.

$$\sigma_{\text{тек}} < \sigma_{\text{конг}} \leq [\sigma_{\text{пред}}],$$

где  $\sigma_{\text{тек}}$  – предел текучести уплотняемого материала;  $\sigma_{\text{пред}}$  – предел прочности уплотняемого материала;  $\sigma_{\text{конг}}$  – величина контактных напряжений в течение процесса уплотнения;  $\sigma_{\text{конг}} = (0,95–0,98) \sigma_{\text{пред}}$ .

Уплотнение дорожных материалов под воздействием катков связано с циклической нагрузкой. Примерные диапазоны значений этой нагрузки приведены в табл. 2 [30].

Таблица 2

Данные о нагрузках при работе различных видов дорожных катков

Вид дорожного катка	Скорость изменения напряженного состояния, МПа/с	Время напряженного состояния за один цикл, с	Максимальное контактное давление, МПа
Двухвальцовые	2,5–30	0,04–0,25	0,7–1,2
Пневмоколесные	0,5–6,0	0,10–0,40	0,6–1,0
Вибрационные с вальцами	5,0–80	0,01–0,015	0,4–1,2

Следовательно, деформация материала зависит от:

- времени действия циклической нагрузки;
- скорости изменения напряженного состояния;
- числа уплотняющих воздействий.

Для обеспечения желаемой плотности материала и его рациональной структуры требуется соблюдение определенных параметров и режимов работы асфальтоукладчиков и дорожных катков, которые должны соответствовать физико-механическим свойствам уплотняемого материала.

Параметры вибрационных и статических дорожных катков, влияющие на их производительность и уплотняющую способность:

- конструктивные (диаметры вальцов, ширина вальцов, вес катка, линейное давление);
- вибрационные (статический момент дебалансов вибратора, частота вынужденных колебаний вальца, центробежная сила, номинальная амплитуда);
- технологические (скорость укатки, количество проходов по одному следу) [31].

Температурный режим уплотнения верхних слоев АБ смеси вибрационными гладковальцовыми катками оказывает значительное влияние на эффективность работы и качество покрытия автомобильных дорог. Многими авторами установлено [32], что этот диапазон соответствует температурам 120–90 °С.

Этот диапазон возможен при использовании отряда в составе высокоэффективного асфальтоукладчика и вибрационного или статического катка тяжелого типа. При этом высокое уплотнение АБ смеси ( $K_y > 0,96$ ) по всей ширине покрытия обеспечивают асфальтоукладчики, а катки тяжелого типа доводят уплотнение слоя дорожного покрытия до нормативных требований в рациональном диапазоне температур АБ смесей.

Учитывая объективные сложности при получении экспериментальной информации о переменных данных процессов взаимодействия уплотнителя и дорожного материала, большое значение имеет компьютерное моделирование этих процессов. Недостат-

ками разработанных ранее математических моделей процесса уплотнения являются вычислительные трудности при моделировании динамических систем, к которым относится процесс уплотнения АБ смесей как объект управления. Для повышения эффективности исследований, а также устранения этих недостатков на базе использования программного обеспечения рекомендуется использование математического аппарата метода пространства состояний, которое позволяет осуществить четкую формализацию и автоматизацию вычислительных процедур [33].

В работе [34] получены математические и имитационные модели процессов взаимодействия рабочих органов асфальтоукладчиков и асфальтовых вибрационных катков с асфальтобетонными смесями, а также результаты моделирования. В качестве модели АБ смеси использована реологическая модель тела Кельвина – Фойгта. Полученные результаты позволяют перейти к конкретным задачам создания интеллектуальных систем управления (контроля) уплотнением асфальтоукладчиками и вибрационными катками, разработке киберфизической системы управления качеством уплотнения АБ смесей.

Автоматизированные системы контроля и управления процессом уплотнения АБ смесей разработаны только для вибрационных и статических катков зарубежного производства. Асфальтоукладчики оснащаются САУ нивелированием и температурным контролем поверхности дорожного покрытия при укладке смеси. Для автоматизации дорожных катков ведущие зарубежные компании разработали фирменные системы контроля, реализующие неразрушающие технологии Intelligent Compaction и Continuous Compaction Control. Технология IC, также называемая как ССС, предложена в Европе в 1970-х гг. для уплотнения грунта. Физический смысл технологии IC/ССС заключается в наличии функциональной зависимости степени уплотнения дорожного материала от его жесткости. Изменение жесткости материала оценивается по амплитудам и частотам гармонических колебаний уплотняющего органа.

За более чем 50-летний срок существования идеи IC/ССС выполнены многочисленные экспериментальные исследования в США, Европе, Японии, Китае. Современные научные исследования направлены на повышение достоверности оценки качества уплотнения средствами IC/ССС. Созданию систем IC/ССС для дорожных катков посвящены работы зарубежных ученых: D. Adam, R. Al-Zahrani, G.K. Chang, R. Anderegg, J.L. Briaud, D.J. White, S. Commuri, G. Xu и др. Авторами выполнены экспериментальные исследования этих систем в лабораторных и полевых условиях, разработаны математические модели процессов и показатель измерения интеллектуального уплотнения ICMV (Intelligent Compaction Measurement Value). В работе G. Xu, G.K. Chang [35] рассмотрены вопросы разработки математических моделей и параметрической идентификации систем IC/ССС.

Разработке и исследованию систем IC/ССС на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) посвящены работы зарубежных ученых S. Commuri, M. Barman, M. Zaman, G. Xu, G.K. Chang, S.A. Imran и др. В научных исследованиях отмечаются значительные погрешности показателей уплотнения дорожных материалов. Вопросам разработки неразрушающих технологий контроля качества уплотнения, систем автоматического непрерывного контроля уплотнения для вибрационных катков посвящены работы В.Б. Пермякова, А.В. Захаренко, А.А. Шестопалова, О.И. Максимычева, В.П. Ложечко, С.Н. Иванченко, Г.В. Кустарева, И.С. Тюремнова, А.С. Морева и др. В научных работах А.В. Захаренко, Г.В. Кустарева и др. рассматривались вопросы создания системы автоматического контроля уплотнения (САКУ) в процессе укладки.

В работах [36–38] предложены варианты систем автоматизации процесса уплотнения АС смесей укладчиками на базе искусственных нейронных сетей. В работе [38] приведены результаты разработки интеллектуальной САКУ асфальтобетонной смеси укладчиком, функционирующая на базе искусственной нейронной сети прямого распространения, рис. 3.

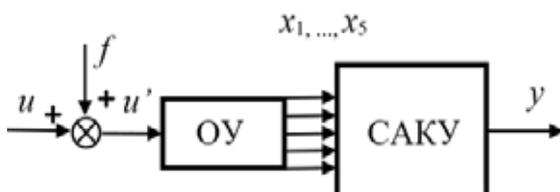


Рис. 3. Функциональная схема системы непрерывного контроля уплотнения

На этом рисунке:  $u$  – регулирующий параметр;  $f$  – возмущения;  $u' = u + f$ ; ОУ – объект регулирования;  $y$  – регулируемый параметр (коэффициент уплотнения);  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  – переменные данные: показатель типа смеси, скорость АУ, максимальное усилие в толкателе бруса, частота бруса, толщина слоя соответственно. Объект регулирования – процесс взаимодействия рабочего органа АУ (трамбуемый брус – вибрационная плита) и асфальтобетонной смеси.

Функциональная модель коэффициента уплотнения, использованная при разработке интеллектуальной САКУ в процессе укладки АБ смеси [38]:

$$K_y = \theta(\text{Type}, V, F, f_i, h), \quad (3)$$

где  $K_y$  – коэффициент уплотнения АБ смеси;  $\text{Type}$  – показатель типа АБ смеси;  $V$  – скорость АУ, м/мин;  $F$  – усилие в толкателе трамбуемого бруса, кН;  $f_i$  – частота колебаний трамбуемого бруса, Гц;  $h$  – толщина слоя, м.

Функциональная модель (3) включает данные о дорожном материале ( $\text{Type}$ ), проектных данных слоя АБ смеси ( $h$ ), режимных параметрах асфальтоукладчика ( $V, f_i$ ) и динамических переменных рабочего процесса ( $F$ ).

Результаты полевых испытаний компонентов системы непрерывного контроля уплотнения смеси укладчиком приведены в работе [39]. Получены временные зависимости вертикального ускорения вибрационной плиты укладчика и функциональные зависимости коэффициента уплотнения смеси от режимных параметров рабочего органа – частоты трамбуемого бруса и вибрационной плиты. Результаты работы подтверждают ранее полученные автором данные о зависимости коэффициента уплотнения АБ смеси от динамических переменных рабочего процесса укладчика – вертикального ускорения вибрационной плиты, усилия в толкателе трамбуемого бруса, которые использованы для разработки автоматизированных систем управления (контроля) уплотнением АБ смесей.

Задача создания киберфизической системы управления уплотнением на строительстве инфраструктурных объектов автомобильного транспорта рассмотрена в работе [40]. Для повышения эффективности технологических процессов в таких проектах требуется непрерывный контроль качества уплотнения и управление группой дорожных катков среднего и тяжелого типов. Предложены варианты интеллектуальной системы контроля и управления уплотнением асфальтобетонной смеси укладчиками и вибрационными катками, функционирующая на базе искусственной нейронной сети и цифровых ПИД-регуляторов.

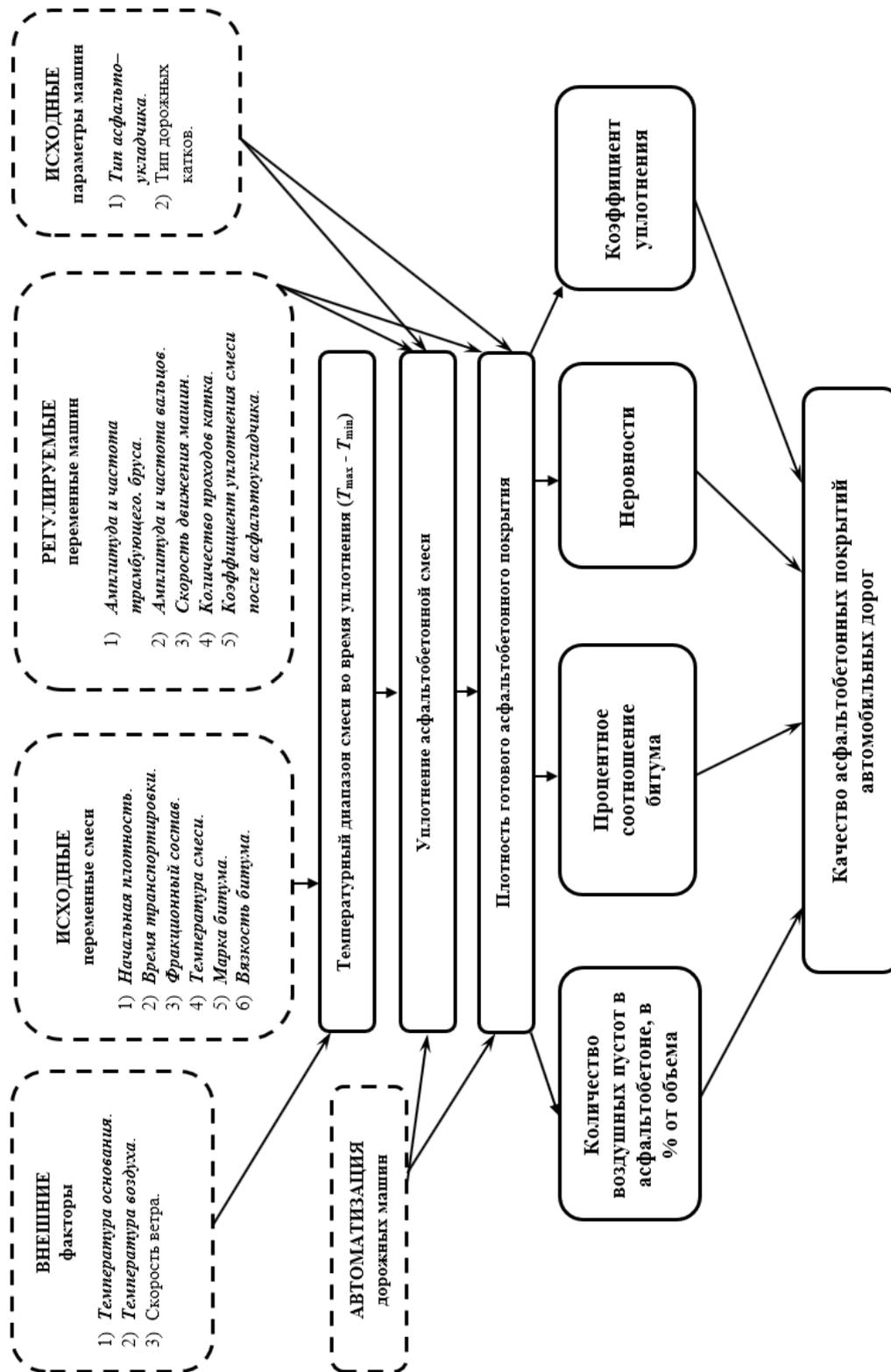


Рис. 4. Информационно-функциональная схема производственно-технологических факторов процесса уплотнения, влияющих на качество асфальтобетонных покрытий

Анализ технологических процессов при строительстве АБ покрытий автомобильных дорог, внешних возмущений, вариантов комплектации отрядов дорожных машин (асфальтоукладчиков, дорожных катков) и их режимных параметров, асфальтобетонных смесей, показателей качества уплотнения асфальтобетонных смесей, результатов научных исследований в предметной области, позволил предложить информационно-функциональную схему (рис. 4) производственно-технологических факторов процесса уплотнения, влияющих на качество асфальтобетонных покрытий.

Полужирным курсивом на схеме (рис. 4) выделены факторы, оказывающие более значимое влияние на процесс уплотнения и качество асфальтобетонных покрытий. Тип асфальтоукладчика с разнообразными рабочими органами оказывает влияние на качество уплотнения при условии обеспечения максимальной уплотняющей способности в зависимости от параметров конкретного проекта строительства. Среди известных показателей качества готового АБ покрытия можно выделить показатель коэффициента уплотнения, который дает интегральную оценку уплотнения и при соблюдении нормативных показателей, позволяет сделать прогноз о высоком качестве АБ покрытий автомобильных дорог.

Формализация задачи управления качеством уплотнения дорожных покрытий осложняется отсутствием систем автоматического контроля уплотнения в процессе укладки АБ смесей и, как следствие, неполнотой информации об объекте управления, множеством возможных причин возникновения дефектов покрытий, недостатком у машинистов опыта и времени для анализа данных, полученных в режиме реального времени. Поэтому на практике полагаются на рекомендации производителей машин.

Задачи создания таких САК обусловлены сложностью процесса уплотнения асфальтобетонных смесей как объекта управления (ОУ): его многофакторностью и многорежимностью; неточностью математического описания; значительным влиянием возмущений внешней среды и дорожных материалов. Обеспечение эффективного функционирования отряда дорожных машин в процессе уплотнения асфальтобетонных покрытий связано с формированием управляющих воздействий, использующих механизмы обработки знаний, организованных с привлечением средств современных информационных технологий, что соответствует концепции интеллектуальных систем управления [9].

Рассмотренные в статье теоретические основы интеллектуального управления уплотнением относятся к приводному уровню иерархии управления, под которым понимается привод с системой управления, имеющей степень интеллектуальности в малом. По данным сравнительного анализа различных интеллектуальных технологий [9] по их общим чертам лучшие свойства для рассматриваемой области исследования имеют нейросетевые структуры. Свойство «способ реализации и обеспечиваемое относительное быстродействие» для нейросетевых структур – аппаратное, высокое [9], что удовлетворяет требованиям к системам управления мобильных, автономных, беспилотных дорожных машин.

### Заключение

В статье рассмотрены теоретические основы интеллектуального управления уплотнением асфальтобетонных смесей. На базе выполненного анализа научных работ посвященных исследованиям процессов взаимодействия дорожных материалов с асфальтоукладчиками, дорожными катками, выявлены основные факторы, влияющие на управление уплотнением с учетом современных достижений в предметной области.

Для повышения качества дорожных покрытий и эффективности процесса уплотнения отрядом дорожных машин предложена идея интеллектуализации процесса управления уплотнением АБ смесей, заключающаяся в обосновании и разработке новых методов непрерывного автоматизированного контроля качества уплотнения АБ смесей, новых алгоритмов синтеза систем управления на базе современных методов модального управления и искусственного интеллекта для обеспечения заданного качества асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

### Список литературы

1. Захаренко А.В., До С.Т., Чан В.Л. Рабочий орган асфальтоукладчика // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. 2013. № 10 (81). С. 157–161.
2. Захаренко А.В., Пермяков В.Б., Молокова Л.В. Дорожные катки: теория, расчет, применение: монография. СПб.: Лань, 2018. 328 с.
3. Böhmer P. Untersuchungen über die Verdichtung – Wirkung von Schwarzdeckenfertigern. Baumaschine und Bautechnik. 1974. № 7–8. P. 233–238.
4. Леонович И.И., Буртыль Ю.В. Взаимозависимости ровности покрытия и прочности дорожной одежды // Строительная наука и техника. 2011. № 1. URL: <http://www.bsc.by/story/vzaimozavisimosti-rovnosti-pokrytiya-i-prochnostidorozhnoy-odezhdy> (дата обращения: 10.10.2022).
5. Иванченко С.Н. Научные основы формирования рабочих органов дорожных машин для уплотнения асфальтобетонных смесей: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.05.04. СПб., 1997. 37 с.

6. Яромко В.Н. О совершенствовании методов оценки качества уплотнения асфальтобетона // Наука и техника в дорожной отрасли. 2015. № 2. С. 3–5.
7. Костельов М.П., Пахаренко Д.В., Бринке З.К. Как правильно выбрать и настроить асфальтоукладчик // Дорожная техника – 2007: кат.-справ. СПб.: ООО «Славутич», 2007. Вып. 70.
8. Костельов И.П., Пахаренко Д.В. Чем уплотнять асфальтобетон в покрытиях при смене его типа, состояния и толщины слоя // Каталог-справочник «Дорожная техника и технология» СПб., 2007. С. 70–85.
9. Остроух А.В. Интеллектуальные системы: монография. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2020. 316 с.
10. Autonomous rollers: (R)evolution in asphalt construction. 2021. URL: <https://www.wirtgen-group.com/en-us/news-and-media/hamm/autonomous-rollers/> (дата обращения: 10.10.2022).
11. Zhang Q., Liu T., Zhang Zh., Huangfu Z., Li Q., An Z. Unmanned rolling compaction system for rockfill materials. Autom. Constr. 2019. № 100. P. 103–117. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.01.004.
12. Wolf P., Vierling A., Husemann J., Berns K., Decker P. Extending Skills of Autonomous Off-Road Robots on the Example of Behavior-Based Edge Compaction in a Road Construction Scenario. In: Berns K. et al. (eds), Commercial Vehicle Technology 2020/2021. Proceedings. Springer Vieweg, Wiesbaden. 2021. DOI: 10.1007/978-3-658-29717-6\_5.
13. Пермяков В.Б., Шапошников А.В. Исследование влияния температуры смеси и высоты образцов на прочность и плотность асфальтобетона // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство. II Национальной науч.-практ. конф. 2019. С. 421–427.
14. Волков М.И., Смирнов В.М. К вопросу о физико-химических основах технологии асфальтового бетона // Труды ХАДИ. 1961. Вып. 26. С. 3–9.
15. Золотарев В.А., Коряк В.П. Качественная оценка влияния структурных и технологических факторов на уплотнение асфальтобетонных смесей // Вестник ХНАДУ. 2017. № 79. С. 94–100.
16. Edelmann M. Analytische Untersuchung zur energieeffizienten Nutzung nichtlinearer Systeme zur Asphaltverdichtung. Tätigkeitsbericht des Institutes für Automation FHNW. 2016. P. 8–11.
17. Wiss D. and Anderegg R. Efficient road compaction based on nonlinear dynamics. Int. Conf. on Innov. Tech., IN-TECH 2016. Prague. 2016. P. 55–58.
18. Wan Y., Jia J. Nonlinear dynamics of asphalt-screed interaction during compaction: Application to improving paving density. Constr. Build. Mater. 2019. № 202. P. 363–373. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.12.205.
19. Peiling W., Nguyen V., Jianrun Zh. Experimental research and optimal control of vibration screed system (VSS) based on fuzzy control. J. Vibroeng. Vol. 22. Is. 6. 2020. P. 1415–1426. DOI: 10.21595/jve.2020.21560.
20. Калужский Я.А., Батраков О.Т. Уплотнение земляного полотна и дорожных одежд. М.: Транспорт, 1971. 160 с.
21. Носов С.В. Моделирование эволюции деформаций и напряжений в дорожно-строительных материалах на основе реологического подхода // Научный журнал строительства и архитектуры. 2019. № 1 (53). С. 73–83.
22. Богомолов В.А., Жданюк В.К., Разницын И.Л., Богомолов С.В. Учет температурных деформаций и напряжений в вязкоупругих 3D моделях // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2015. № 69. С. 65–69.
23. Bogomolov V., Zhdanyuk V., Tsynka A. Viscoelastic structural model of asphalt concrete // Автомобильный транспорт (Харьков). 2016. № 38. С. 117–125.
24. Богомолов В.А., Жданюк В.К., Разницын И.Л., Богомолов С.В., Цинка А.А. Критерий долговечности асфальтобетонных слоев дорожных одежд // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2017. № 76. С. 74–79.
25. Богуславский А.М., Богуславский Л.А. Основы реологии асфальтобетона. М.: Высшая школа, 1972. 199 с.
26. Баловнев В.И. Оптимизация и выбор инновационных систем и процессов транспортно-технологических машин. М.: Техполиграфцентр, 2014. 392 с.
27. Баловнев В.И. Подобие и моделирование в системе проектирования дорожно-строительных машин. М.: МАДИ, 2014. 148 с.
28. Справочник по асфальтоукладчикам Vögele: Советы и указания по укладке асфальтобетона асфальтоукладчиками. Wirtgen International. URL: <http://www.wirtgen.ru> (дата обращения: 10.10.2022).
29. Костельов М.П. Функциональные достоинства и недостатки виброкатков для уплотнения асфальтобетона // Дорожная техника – 2009: кат.-справ. СПб.: ООО «Славутич», 2009. С. 42–52.
30. Хархута Н.Я., Капустин М.И., Семенов В.П., Эвентов И.М. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет. Л.: Машиностроение, 1976. 472 с.
31. European Standard for Road Rollers and Soil Compactors. European Standard for Vibrating Plates and Tampers. Committee for European Construction Equipment (CECE), VDMA. Frankfurt, West Germany, 1975, 1976.
32. Носов С.В. Анализ исследований взаимодействия грунтов земляного полотна и дорожных одежд с дорожными катками // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 3 (51). С. 72–82.
33. Филиповский В.М. Системы управления в пространстве состояний. СПб., 2022. 75 с.
34. Прокопьев А.П., Емельянов Р.Т., Иванчура В.И., Турьшева Е.С. Автоматизация неразрушающего контроля уплотнения дорожных материалов: монография. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. 156 с.
35. Xu G., Chang G.K. Continuous Compaction Control – Mathematical Models and Parameter Identification. In book: Information Technology in Geo-Engineering, Proceedings of the 3rd International Conference (ICITG), Guimarães, Portugal. 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-32029-4\_49.
36. Прокопьев А.П., Набижанов Ж.И., Емельянов Р.Т., Иванчура В.И. Новый метод нейросетевой системы контроля уплотнения асфальтобетонных смесей // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2021. № 9. С. 65–69. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.09.21.
37. Прокопьев А.П., Набижанов Ж.И. Нейросетевая система управления процессом уплотнения дорожных материалов асфальтоукладчиками // Инженерный вестник Дона. 2021. № 10. 10 с. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n10y2021/7235](http://ivdon.ru/magazine/archive/n10y2021/7235) (дата обращения: 10.10.2022).
38. Прокопьев А.П., Набижанов Ж.И., Иванчура В.И., Емельянов Р.Т. К вопросу создания системы непрерывного контроля уплотнения дорожных материалов для асфальтоукладчиков // Программная инженерия. 2021. Том 12. № 8. С. 413–419. DOI: 10.17587/prin.12.413-419.
39. Прокопьев А.П., Емельянов Р.Т., Янаев Е.Ю., Турьшева Е.С., Потапов А.Е. Полевое исследование процесса укладки асфальтобетонной смеси с компонентами автоматизации технологии неразрушающего контроля уплотнения // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2. 8 с. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2022/7465](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2022/7465) (дата обращения: 10.10.2022).
40. Прокопьев А.П. Киберфизическая система для управления отрядом дорожных машин в инфраструктурных проектах автомобильного транспорта // Инженерный вестник Дона. 2022. № 8. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n8y2022/7848](http://ivdon.ru/magazine/archive/n8y2022/7848) (дата обращения: 10.10.2022).

СТАТЬИ

УДК 66.021.4

**ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ФОСФОРИТОВОГО АГЛОМЕРАТА**

**Бобков В.И., Орехов В.А.**

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

В статье рассмотрены вопросы экспериментального определения теплофизических свойств агломерата рудного фосфоритового сырья, учитывающего технологические особенности функционирования промышленных агломерационных машин. Представлена методика проведения экспериментов для исследования теплопроводности и объемной теплоемкости агломерата при высоких температурах, в диапазонах действующих агломерационных машин. Установлено, что для исследования коэффициентов теплопроводности и температуропроводности агломератов фосфатного рудного сырья применим метод регулярного режима 3-го рода, позволяющий получать комплекс достоверных данных о теплофизических свойствах за один эксперимент при монотонном нагреве образцов. Он обеспечивает достаточную для практических целей точность получения информативных сигналов – амплитуд гармонических колебаний или фазовых сдвигов температуры в различных точках образца – не связано с условиями нагрева. Это качество представленной методики особенно важно при исследовании свойств реагирующих рудных материалов и материалов с изменяющейся структурой, когда скорость нагрева влияет на интенсивность и температурный диапазон термически активируемых процессов. Научно обосновано, что теплопроводность входящих в фосфатную руду компонентов выше, чем у полученного из нее агломерата. Минералогический состав и порозность фосфоритовой рудной мелочи существенно влияет на объемную теплоемкость агломератов. Порозность рудного материала в меньшей степени зависит от химического состава фосфоритов. Различия в коэффициентах теплопроводности снижаются при повышении температуры.

**Ключевые слова:** рудное фосфатное сырье, теплоемкость, теплопроводность, температура, порозность, агломерат, структура, нагрев

**PECULIARITIES PROCEDURE FOR DETERMINATION  
OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES PHOSPHORITE AGGLOMERATE**

**Bobkov V.I., Orekhov V.A.**

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

The article deals with issues of experimental determination of thermophysical properties of agglomerate of ore phosphorite raw material, which takes into account technological peculiarities of operation of industrial agglomeration machines. The procedure for conducting experiments to study the thermal conductivity and volumetric heat capacity of the agglomerate at high temperatures in the ranges of operating agglomeration machines is presented. It was established that to study the thermal conductivity and thermal conductivity coefficients of agglomerates of phosphorus-containing ore raw materials, a method of regular mode of the 3rd kind is used, which allows obtaining a complex of reliable data on thermophysical properties in one experiment with monotonous heating of samples. It provides sufficient accuracy for practical purposes. This circumstance is especially important in the study of natural ore rocks characterized by significant heterogeneities in structure and composition, when it is impossible to ensure absolute identity of samples. When using the irregularity compensation scheme, it has been found that the acquisition of informative signals – harmonic amplitude or temperature phase shift at various points in the sample – is not related to the heating conditions. This quality of the presented procedure is especially important in the study of the properties of reactive ore materials and materials with a changing structure, when the heating rate affects the intensity and temperature range of thermally activated processes. It is scientifically justified that the thermal conductivity of the components included in the phosphorus-containing ore is higher than that of the agglomerate obtained from it. The mineralogical composition and porosity of phosphorite ore fines significantly affects the volumetric heat capacity of agglomerates. The porosity of the ore material depends less on the chemical composition of phosphorites. Differences in heat conduction coefficients decrease as the temperature increases.

**Keywords:** ore phosphate raw materials, heat capacity, thermal conductivity, temperature, porosity, agglomerate, structure, heating

В соответствии с существующей технологической схемой получения и переработки агломерированного фосфатного сырья, спеченный фосфорит охлаждается, измельчается и затем поступает в рудотермическую печь, где вновь подвергается нагреву

в верхней зоне [1, 2]. Очевидно, что проведение технологических расчетов аппаратов спекания и охлаждения, а также анализ процессов теплообмена в верхней зоне фосфорной рудотермической печи невозможны без наличия достоверных данных по тепло-

физическим свойствам агломератов [3, 4]. Однако, несмотря на очевидную необходимость, в литературе скудно представлены данные по теплопроводности и температуропроводности агломератов. С другой стороны, поскольку процесс спекания позволяет активно воздействовать на свойства получаемого агломерата путем подбора состава и крупности шихтовых материалов, режимом спекания и т.п., существует возможность фиксации у полупродукта не только удовлетворительных прочностных свойств, но и наиболее приемлемых для последующей переработки теплофизических характеристик [5, 6].

Цель настоящего исследования – разработка методики проведения теплофизических исследований на стадиях формирования состава шихты и режимов обжига, а также контроля качества полупродукта – агломерата фосфоритового рудного сырья, полученного в промышленных условиях.

#### Материалы и методы исследования

Для определения коэффициентов теплопроводности и температуропроводности агломератов фосфатного рудного сырья использовался метод регулярного режима 3-го рода [7, 8]. Этот метод позволяет получить комплекс теплофизических свойств за один эксперимент при монотонном нагреве образца и обеспечивает достаточную для практических целей точность результатов [9, 10]. Это последнее обстоятельство особенно важно при исследовании природных рудных пород, характеризующихся существенными не-однородностями структуры и состава, когда невозможно обеспечить абсолютную идентичность образцов [11]. Кроме того, при использовании схемы компенсации иррегулярности получение информативных сигналов – амплитуд гармонических колебаний или фазовых сдвигов температуры в различных точках образца – не связано с условиями нагрева.

Это качество метода особенно важно при исследовании свойств реагирующих материалов и материалов с изменяющейся структурой, когда скорость нагрева влияет на интенсивность и температурный диапазон термически активируемых процессов [12].

Сущность метода состоит в изучении распространения температурных колебаний в исследуемом образце. Метод плоских температурных волн основан на решении задачи теплопроводности при гармоническом изменении теплового потока, создаваемого плоским нагревателем, помещенным в исследуемую среду [13]. При линейных граничных условиях закон затухания гармонических колебаний температуры в одно-

родной среде имеет следующий вид:

$$\Theta(x) = \Theta_0 \exp\left(\sqrt{\frac{\pi}{aT}}\right), \quad (1)$$

где  $\Theta_0$ ,  $\Theta(x)$  – амплитуда колебаний температуры на нагревателе и на удалении  $x$  в исследуемом образце,  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $T$  – период гармонических колебаний,  $T = 2\pi/\omega$ ,  $\omega$  – частота периодических колебаний теплового потока.

Исходя из (1), температуропроводность исследуемой среды может быть определена по амплитудам колебаний температуры в двух точках, расположенных на различном удалении от нагревателя:

$$a = \frac{\Delta x^2 \omega}{2 \ln^2(\Theta_1/\Theta_2)},$$

где  $\Delta x$  – расстояние между термодатчиками,  $\Theta_1$ ,  $\Theta_2$  – амплитуда колебаний температуры в местах установки термических преобразователей.

Теплопроводность среды определяется из соотношения между гармонической составляющей удельного теплового потока  $q$ , создаваемого электрическим нагревателем и амплитудой гармонических колебаний температуры:  $q/\Theta_0 = \sqrt{\lambda \rho c_p \omega}$ .

Если пренебречь теплоемкостью нагревателя, то выражение для определения теплопроводности примет вид

$$\lambda = \frac{Q}{2F\Theta_0} \sqrt{\frac{a}{\omega}}, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь нагревателя.

Для создания гармонических колебаний мощности использовался ток промышленной частоты, промодулированный инфранизкочастотным сигналом. Эффективное значение тока задавалось по следующей зависимости:

$$I = I_0 + I \sin \omega t,$$

где  $I_0$  – эффективное значение постоянной составляющей тока,  $I$  – амплитуда переменной составляющей тока.

Поскольку амплитуда температурных колебаний невелика, можно пренебречь температурной зависимостью сопротивления электрического нагревателя. Тогда при выполнении условия  $I_0 \gg I$  амплитудное значение теплового потока может быть получено из выражения  $Q = 2I_0IR$ , где  $R$  – сопротивление нагревателя при средней за период колебания температуре.

Окончательный вид выражения (2) для расчета коэффициента теплопроводности следующий:

$$\lambda = \frac{I_0 IR}{2F\Theta_0} \sqrt{\frac{a}{\omega}}$$

Относительная ошибка, обусловленная пренебрежением теплоемкостью нагревателя, не будет превышать заданного значения, если выполняется условие

$$\frac{c_H}{F} = 2\Delta\lambda \sqrt{\frac{2}{a\omega}}$$

где  $c_H$  – полная теплоемкость нагревателя.

Анализ структуры фосфатных агломератов показывает, что характерный размер элементарной ячейки материала варьируется в пределах 0,5–1,5 мм.

Очевидно, для того, чтобы образец мог рассматриваться как однородная среда, расстояние между термодатчиками должно существенно превышать характерный размер элементарной ячейки. Однако это расстояние не должно быть велико, так как увеличение размеров образца существенно ухудшает динамические возможности метода и способствует повышению дисперсии случайных погрешностей [14]. В настоящей работе расстояние между термодатчиками выбиралось в пределах 7–10 мм.

### Результаты исследования и их обсуждение

В работе определялись теплофизические свойства (теплопроводность и те-

плоемкость) восьми образцов фосфоритовых агломератов, различающихся по химическому составу и порозности (●, ○, ▲, △, ■, □, ◆, ◇, – образцы 1–8 соответственно). На рис. 1 приведены результаты экспериментального определения коэффициента теплопроводности исследуемых образцов от температуры. Результаты исследований показывают, что абсолютные значения коэффициента теплопроводности агломератов сравнительно невелики [15].

Теплопроводность агломератов в среднем в 5–6 раз ниже, чем теплопроводность исходных материалов. Это, по-видимому, обусловлено в основном двумя факторами: снижением теплопроводности зерен в результате их дегидратации и декарбонизации в процессе нагрева, а также, как следствие, образования в процессе спекания высокопористой структуры.

Значительное влияние пористости агломератов на коэффициент теплопроводности подтверждается результатами исследований.

Температурные зависимости объемной теплоемкости агломератов фосфатного рудного сырья приведены на рис. 2.

Результаты исследований показывают, что абсолютные значения объемной теплоемкости определяются в основном соотношением массовых долей компонентов, представляющих группы  $P_2O_5$ ,  $SiO_2$  и карбонатов, а также зависят от кажущейся плотности агломератов.

На рис. 3 приведены зависимости коэффициентов теплопроводности от плотности исследуемых образцов для двух температурных сечений 600 °С и 1000 °С.

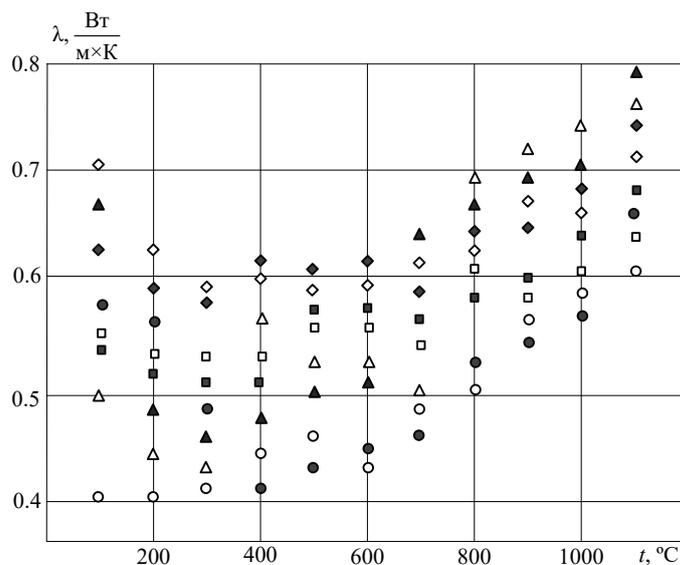


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента теплопроводности агломерата фосфоритового рудного сырья, образцы 1–8

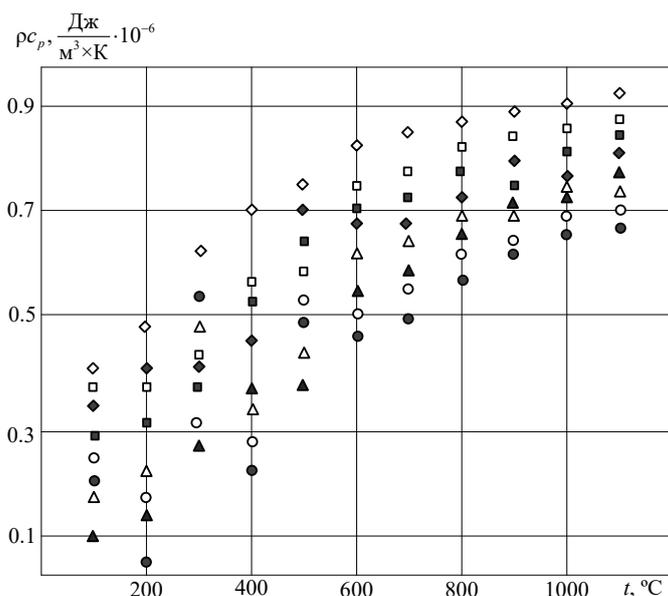


Рис. 2. Температурная зависимость объемной теплоемкости агломерата фосфоритового рудного сырья, образцы 1–8

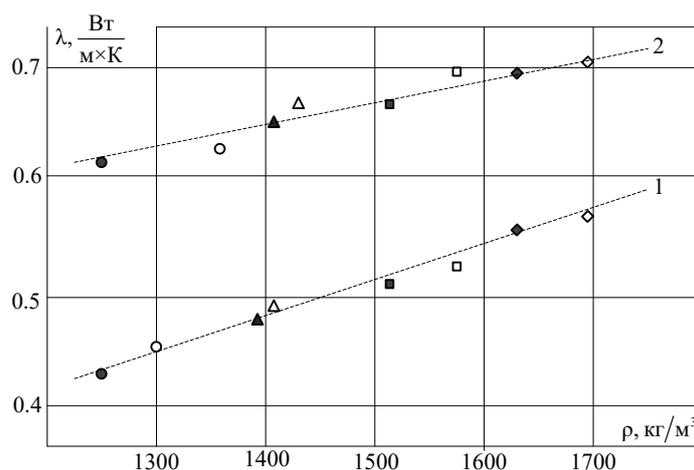


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплопроводности агломерата фосфоритового рудного сырья, образцы 1–8, для двух температурных сечений 1 – 600 °C и 2 – 1000 °C

### Заключение

Результаты исследований позволяют сделать следующие основные научно обоснованные выводы.

1. Теплопроводность агломератов из фосфоритовой рудной мелочи значительно ниже, чем теплопроводность входящих в них компонентов.

2. Абсолютные значения коэффициентов теплопроводности агломератов определяются в основном: порозностью материалов и в значительно меньшей степени зависят от химического состава, причем различия в коэффициентах теплопроводности снижаются по мере повышения температуры.

3. Объемная теплоемкость агломератов из фосфоритовой рудной мелочи определяется их порозностью и минеральным составом.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-00335, <https://rscf.ru/project/22-11-00335>.

### Список литературы

1. Бобков В.И., Мищенко М.Н. Исследование теплофизических характеристик окомкованного фосфатного материала // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 7–1. С. 26–29.
2. Пучков А.Ю., Лобанева Е.И., Култыгин О.П. Алгоритм прогнозирования параметров системы переработки отходов апатит-нефелиновых руд // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 1.

3. Леонтьев Л.И., Григорович К.В., Костина М.В. Фундаментальные исследования как основа создания новых материалов и технологий в области металлургии. Часть 1 // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 1. С. 11–22.
4. Курилин С.П., Соколов А.М., Прокимов Н.Н. Компьютерная программа для моделирования показателей технического состояния электромеханических систем // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 2. С. 105–119.
5. Новичихин А.В., Шорохова А.В. Процедуры управления поэтапной переработкой железорудных отходов горнопромышленных районов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 60. № 7. С. 565–572.
6. Бобков В.И. Энергосбережение в технологии сушки материала в плотном слое на основе интенсификации тепло-массообмена // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12–4. С. 585–589.
7. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Федина В.В. Определение комкуемости железорудной шихты с целью прогнозирования прочностных свойств окатышей // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 8. С. 53–57.
8. Ильин И.В., Левина А.И., Калязина С.Е. Function-oriented approach to mining enterprise automation // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 2. С. 5–19.
9. Tian, Y., Qin, G., Zhang, Y., Zhao, L., Yang, T. Experimental research on pellet production with boron-containing concentrate. Characterization of Minerals, Metals, and Materials. 2020. P. 91–102.
10. Бобков В.И., Дли М.И., Панченко С.В. Обобщенная структурно-функциональная модель инжиниринга и управления экологически безопасной переработкой отходов горно-обогатительных комбинатов апатит-нефелиновых руд // Успехи современного естествознания. 2019. № 9. С. 48–52.
11. Matkarimov S.T., Berdiyarov B.T., Yusupkhodjaev A.A. Technological parameters of the process of producing metallized iron concentrates from poor raw material. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. № 8(11). P. 600–603.
12. Kossov A. Effect of thermal inertia-induced distortions of DSC data on the correctness of the kinetics evaluated. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2021. Т. 143. № 1. С. 599–608.
13. Kavchenkov V.P., Kavchenkova E.V., Chernenkov I.D. Modeling of the relationship between the earth population growth and the electric energy production processes. Journal of Applied Informatics. 2021. Vol. 16. No. 4 (94). P. 110–121.
14. Dli M.I., Vlasova E.A., Sokolov A.M., Morgunova E.V. Creation of a chemical-technological system digital twin using the Python language. Journal of Applied Informatics. 2021. Vol. 16. No. 1 (91). P. 22–31.
15. Бобков В.И. Оптимизация химико-технологического процесса сушки в стационарном режиме многослойной массы фосфоритовых окатышей по критерию энергоресурсоэффективности // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 5. С. 25–29.

УДК 62:614.842

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ  
ПО ПОВЫШЕНИЮ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ****Вахитова Л.Ф., Жданов Р.Р., Михайлова В.А., Аксенов С.Г.***Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа,  
e-mail: vakhitovaliana6@gmail.com*

При возникновении пожара на объектах массового скопления людей существует риск гибели или травмирования человека. Чаще всего количество пострадавших, к сожалению, не ограничивается одним человеком. Научная новизна работы определяется исследованием методов проведения экспертной оценки систем обеспечения пожарной безопасности объектов на стадии их эксплуатации и формированием советующих рекомендаций по совершенствованию систем пожарной безопасности. Наиболее часто пожары на производственных объектах возникают по причинам использования осветительных приборов, не снабженных защитными колпаками/плафонами; применения кустарно изготовленных обогревательных агрегатов, в том числе с открытым огнем, электрических спиралей сопротивления. Немаловажную роль для обеспечения пожарной безопасности и безопасной работы в целом предприятия играет экспертиза пожарной безопасности. Данная статья посвящена исследованию особенностей организации мероприятий по повышению пожаробезопасности производственных объектов. В статье проанализированы возможные направления организации систем противопожарной защиты, исследованы вопросы применения средств противопожарной автоматики. Методы исследования: работа базируется на фундаментальных классических и современных теоретических положениях общенаучного метода. В работе проведена оценка законодательных актов и нормативных документов, регулирующих общественные отношения в Российской Федерации в области пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** система противопожарной защиты, обеспечение противопожарной безопасности, система автоматизации, пожарная сигнализация, мероприятия по повышению пожаробезопасности, пожарная безопасность, информационная система, технический аудит

**INVESTIGATION OF MEASURES TO IMPROVE  
THE FIRE SAFETY OF PRODUCTION FACILITIES****Vakhitova L.F., Zhdanov R.R., Mikhailova V.A., Aksenov S.G.***Ufa state aviation technical university, Ufa, e-mail: vakhitovaliana6@gmail.com*

When a fire occurs at crowded facilities, there is a risk of death or injury to a person. Most often, the number of victims, unfortunately, is not limited to one person. The scientific novelty of the work is determined by the study of methods for conducting an expert assessment of fire safety systems of objects at the stage of their operation and the formation of advisory recommendations for improving fire safety systems. Most often, fires at production facilities occur due to the use of lighting devices that are not equipped with protective caps / plafonds; the use of artisanal heating units, including those with an open fire, electric resistance coils. Fire safety expertise plays an important role in ensuring fire safety and safe operation of the enterprise as a whole. This article is devoted to the study of the features of the organization of measures to improve the fire safety of production facilities. The article analyzes the possible directions of the organization of fire protection systems, examines the issues of the use of fire-fighting automation. Research methods – the work is based on the fundamental classical and modern theoretical provisions of the general scientific method. The paper evaluates legislative acts and regulatory documents regulating public relations in the Russian Federation in the field of fire safety.

**Keywords:** fire protection system, fire safety, automation system, fire alarm system, measures to improve fire safety, fire safety, information system, technical audit

При возникновении пожара на объектах массового скопления людей возникает значительный риск гибели и получения травм населения. Чаще всего количество пострадавших, к сожалению, не ограничивается одним человеком. Несмотря на профилактическую работу, направленную на предотвращение пожаров, возгорания на производственных объектах имеют место быть.

При возникновении пожаров на предприятиях наиболее вероятными факторами возгораний являются: разлив горючих материалов, нарушение правил хранения и эксплуатации огнеопасных материалов. При горении этих веществ происходит обильное выделение дыма и прочих вред-

ных продуктов горения. Эти факторы в значительной степени осложняют проведение аварийно-спасательных мероприятий. Помимо этого, при возникновении пожаров имеется высокая вероятность повреждения резервуаров и емкостей с легковоспламеняющимися и взрывоопасными материалами. Не менее опасными при пожаре являются и технологические установки и оборудование, которые находятся под напряжением.

Основными факторами оперативной ликвидации возгораний, с минимизацией последствий, являются:

- оперативное обесточивание оборудования и технологических установок, которые находятся под напряжением;

- оперативное отключение оборудования, обеспечивающего подачу масла в гидросистемы технологического оборудования;
- обеспечение стабильной работы средств пожаротушения;
- применять для тушения пожара наиболее подходящие для этого вещества (вода, пена, песок и т.д.);
- обеспечение тушения несущих конструкций зданий;
- использование веществ для охлаждения резервуаров и емкостей с взрывоопасными веществами;
- обеспечение нейтрализации и устранения высоких концентраций кислорода за счет применения специальных газов.

Несмотря на профилактическую работу, направленную на предотвращение пожаров, они все же возникают. И для успешной ликвидации пожаров на таких объектах необходимо совершенствовать тактику тушения.

Следует отметить, что на сегодняшний день с введением нового законодательства Российской Федерации, регулирующего права и обязанности граждан и юридических лиц, повышена ответственность за выполнение обязательных норм и требований.

Цель исследования – исследование и анализ особенностей организации комплексной пожарной безопасности применительно к промышленным объектам.

Материал и методы исследования

Материал и методы исследования: работа базируется на фундаментальных классических и современных теоретических положениях общенаучного метода.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В настоящее время имеется обширная нормативная и законодательная база, касающаяся требований к эксплуатируемым объектам и обязательным нормам, которые необходимо соблюдать для обеспечения пожарной безопасности объектов. Принципиальных изменений нормативной и законодательной базы за последние годы не происходило. Основные законодательные документы были приняты в 2008 и 2012 годах [1; 2].

Основные технические требования к системам противопожарной защиты описаны в СП 4.13130.2013 [3].

Основная классификация современных систем противопожарной безопасности включает следующие подсистемы:

- сигнализации и оповещения;
- эвакуации;
- тушение.

Как правило, любая современная система обеспечения противопожарной безопасности включает следующие средства:

- средства пожаротушения, базирующиеся на привозных средствах пожарной техники;
- современные установки пожарной сигнализации и пожаротушения, работающие в автоматическом режиме;
- строительная профилактика пожаров;
- противодымная защита;
- огнепреграждающие устройства технологического оборудования;
- системы для эвакуации людей;
- системы защиты путей эвакуации [4].

Стоит отметить, что на данный момент при проектировании промышленных зданий особое внимание уделяется материалам, используемым в строительстве и дальнейшей отделке, для того чтобы снизить риск возникновения пожара, сократить выделения опасных веществ продуктов горения и повысить вероятность выживания людей непосредственно в результате пожара [5].

Как правило, на создание условий для свободной эвакуации людей в случае чрезвычайной ситуации направлены объемно-планировочные решения промышленных зданий. Для оценки вероятности возникновения возгорания при заданных условиях необходимо проводить исследования динамики пожарных рисков.

Обеспечение высокого уровня пожарной безопасности производственных процессов для современной России – это в высшей степени актуальная задача. Это обусловлено реструктуризацией производственной сферы, которая происходит в связи со сложной внешнеполитической ситуацией, а также импортозамещением. Подобные трансформации современности в Российской Федерации часто связаны с повышенной пожароопасностью на производственных объектах. На современном этапе развития технологического уклада, который отличен от предшествующего, имеется выраженная гуманитарная направленность. Очевидным является тот факт, что для снижения пожароопасности современных отечественных промышленных предприятий необходимо создание определенной управленческой системы, а именно менеджмента пожароопасности. Подобный вид менеджмента представляет собой составную и неотъемлемую часть всего производственного менеджмента. Необходимо, чтобы данный вид менеджмента организовывался топ-менеджерами промышленных предприятий в тесном взаимодействии с противопожарными службами.

Немаловажную роль для обеспечения пожарной безопасности и безопасную работу в целом предприятия играет экспертиза пожарной безопасности. А для оценки пожарной безопасности объектов применяется процедура технического аудита безопасности объекта [6; 7].

Существует несколько основных этапов проведения комплексной экспертизы пожарной безопасности:

1. Анализ проектной документации.

При реализации мероприятий в рамках данного этапа специалисты осуществляют комплексный анализ проектной и прочей документации на объект исследования, а также проверяют соответствие строительных материалов всем нормам и правилам противопожарной безопасности.

2. Проверка соответствия здания проектной документации.

При реализации мероприятий в рамках данного этапа специалисты осуществляют контроль соответствия проектных решений тем, которые реализованы на практике. Также на данном этапе производится выявление основных наиболее потенциальных опасностей, которые могут быть причинами возникновения пожаров.

3. Систематизация полученных данных и составление на их основе комплекса отчетной документации.

После получения результатов исследования и осмотров эти результаты фиксируются в соответствующем акте. Основным разделом данного акта является пункт, в котором перечислены основные несоответствия и факты нарушения требований и правил эксплуатации производственных зданий и сооружений.

4. Проведение комплексной оценки пожарных рисков.

Для того чтобы составить программу мероприятий по эвакуации персонала в случае возникновения пожара, необходимо проанализировать наиболее опасные сценарии протекания ЧС. Основным критерием при этом является то, что весь персонал, который находится в здании при возникновении пожара, должен четко знать пути эвакуации и уметь ими пользоваться в случае необходимости.

5. Формирование комплекса рекомендаций и предписаний.

При необходимости снижения пожарного риска и наличии ряда нарушений противопожарной безопасности составляется перечень рекомендаций, направленных на снижение пожарного риска и устранения выявленных нарушений техники безопасности.

Все эти меры, безусловно, направлены на обеспечение пожарной безопасно-

сти предприятия и должны в полной мере обеспечивать защищенность организации от разного рода возможных происшествий.

Также крайне важно совершенствовать тактику тушения для успешной ликвидации пожаров, так как в процессе тушения пожара на промышленном объекте имеют место быть следующие опасности [8]:

- опасность обрушения конструкций вследствие потери прочности;
- опасность для персонала;
- плотное задымление.

Вследствие этого очень важно правильно определить пути наиболее интенсивного распределения горения. После определения основного направления туда следует направить основные силы и средства на спасение людей и тушение пожара, а также на защиту смежных помещений, перекрытия и кровли [9].

При анализе пожарной опасности также широко применяются специализированные информационные системы [10].

Среди большого количества неоспоримых преимуществ современных информационных систем особенно важными и значимыми являются:

- возможность обеспечения совместной работы с различными информационными модулями систем противопожарной защиты, отличающимися не только назначением и решаемыми задачами, но и набором функций. Ярким примером этого достоинства современных информационных систем является возможность совместной работы систем для эвакуации людей, систем пожарной сигнализации и систем защиты путей эвакуации;

- множество процедур по информационному взаимодействию и обмену данными в значительной степени упрощены благодаря использованию современных информационных систем;

- оптимизация и построение наиболее рациональных схем управления процессом пожаротушения работы с персоналом и сотрудниками промышленных организаций.

На сегодняшний день абсолютно все организации и предприятия промышленности, вне зависимости от их размера и производственной деятельности, нуждаются в использовании современных информационных систем и технологий при организации противопожарной защиты. С их помощью обеспечивается высокая степень оптимальности и рационализации всех процессов взаимодействия. В наибольшей степени это касается именно тех предприятий, которые осуществляют свою деятельность в промышленной сфере.

Для создания работоспособной и эффективной автоматизированной информационной системы необходимо выполнение всех указанных выше этапов жизненного цикла с привлечением опытных квалифицированных специалистов в данной сфере [11].

Коснемся вопроса оценки эффективности средств пожаротушения на промышленных предприятиях.

С целью эффективного тушения пожаров на современных промышленных предприятиях максимальный эффект удастся достичь при использовании стволов типа «А». В случае развившегося пожара необходимо применять переносные лафетные стволы (ПЛС). Для увеличения эффективности тушения использовать пенообразователь [12; 13].

Основные и запасные входы – это главные направления при организации подачи стволов для тушения. В процессе организации тушения требуется в первую очередь подавать стволы на защиту именно путей эвакуации персонала предприятий. В случае возникновения пожаров в производственных помещениях значительные средства требуется вводить в помещения, наиболее охваченные огнем. При этом резервные стволы следует направлять на обеспечение защиты близлежащих помещений.

Работы по тушению пожаров производятся с привлечением отделений газодымозащиты. Следует уточнить, что требуется в обязательном порядке создавать резервы для замены пожарных в задымленных помещениях. В процессе организации тушения требуется применение установок дымоудаления, а также обеспечения подпора воздуха [14].

Выбор вида и типа оросителя (генератор пены) зависит от принятого огнетушащего средства, а также требуемой интенсивности орошения защищаемой площади [15].

Рассмотрим основные противопожарные мероприятия на производстве [16]:

- организация системы инструктажей для сотрудников предприятия. Необходимо отметить, что инструктаж не должен проводиться номинально и формально. Все инструктируемые работники должны в результате понимать, как будет организована работа в случае возникновения пожара, каждый работник должен четко знать алгоритм действий в нештатной ситуации;

- организация специализированной службы, которая будет решать задачи обеспечения пожарной безопасности промышленного предприятия;

- организация разделения функциональных обязанностей руководителей структурных подразделений и сотрудников;

- обеспечение всех площадей предприятий различными требуемыми пожарными сигнализациями, системами пожаротушения и другими средствами в соответствии с действующими нормативными требованиями.

Руководство предприятий должно обеспечить эффективную систему пожарной безопасности, которая обеспечит необходимую защиту людей от основных поражающих факторов. Организованные системы пожарной безопасности могут функционировать эффективно только при исполнении всеми должностными лицами всех предписаний, указанных в нормативной документации и актах. Именно поэтому в высшей степени важно включать в обязанности руководителей назначение лиц, которые будут ответственны за контроль пожарной безопасности на производственных объектах [17].

Четкое исполнение мероприятий по поддержанию противопожарной безопасности, определению соответствующего противопожарного состояния технических средств производства возлагается на руководителей данных объектов предприятия.

### Заключение

Промышленные предприятия имеют повышенную пожарную опасность ввиду того, что на них осуществляются сложные технологические процессы производства, имеется значительный объем горючих газов, различных твердых горючих материалов, больших нагрузок на системы электроснабжения.

Основные причины пожаров на производственных объектах:

- нарушения технологических режимов производства;

- неисправности систем электроснабжения;

- низкая квалификация ремонтного персонала;

- возгорание обтирочных материалов.

Особое внимание по соблюдению мер пожарной безопасности необходимо уделять организациям, работающим с легковоспламеняющимися материалами.

В данной работе были поставлены следующие задачи: исследовать мероприятия по повышению пожаробезопасности производственных объектов.

Произведен анализ нормативной и технической литературы в области обеспечения противопожарных мероприятий и оценки пожарного риска для промышленных объектов. Нормативная база находится в хорошем состоянии, есть единые документы, связанные как с расчетами, так

и с теоретическими аспектами, которые позволяют быстро и своевременно найти нужную информацию.

Основная масса аварийных ситуаций происходит из-за несоблюдения техники безопасности. Поэтому если подводить общий итог всей проделанной работы, можно сделать вывод, что при возникновении аварии возможен как хороший исход, так и неблагоприятный, который от маленького незначительного нарушения может привести как к прекращению функционирования объекта, так и к гибели людей.

Таким образом, задачи, которые были поставлены в самом начале, можно считать, что решены в полном объеме, а поставленная цель была достигнута.

### Список литературы

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» // Российская газета. 5 января 1994 г.
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Парламентская газета. 31 июля 2008 г.
3. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013. 128 с.
4. Войс К.Е. Egress Capabilities of People with Disabilities: PhD thesis. Ulster, 2016. 43 p.
5. Гогоберидзе Н.В., Благородова Н.В. К вопросу автоматизации системы определения предела огнестойкости строительных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1(22). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1075](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1075) (дата обращения: 04.08.2022).
6. Ложкин В.С. Памятка-инструкция для ответственного за обеспечение пожарной безопасности производственных помещений по выполнению возложенных на него ежедневных обязанностей. М.: Безопасность труда и жизни, 2020. 652 с.
7. Дали Ф.А. Методологические аспекты обследования объектов защиты на соответствие требованиям пожарной безопасности в проблемно-ориентированных системах управления // Инженерный вестник Дона. 2021. № 7(79). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7114](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7114) (дата обращения: 04.08.2022).
8. Михайлов Ю.М. Пожарная безопасность. М.: Альфа-пресс, 2020. 467 с.
9. Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций. М.: Безопасность труда и жизни, 2021. 918 с.
10. Пожарная безопасность. М.: НЦ ЭНАС, 2021. 731 с.
11. Собурь С.В. Доступно о пожарной безопасности. М.: Пожарная книга, 2021. 554 с.
12. Елохин А.Н. Анализ и управление риском: теория и практика. М.: Страховая группа «Лукойл», 2019. 351 с.
13. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание: в 2-х книгах. М.: Химия, 2020. 880 с.
14. Бадагуев Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: приказы, акты, инструкции, журналы, положения. М.: Альфа-Пресс, 2020. 488 с.
15. Пасютин О.В. Безопасность труда и пожарная безопасность при механической обработке металла на станках и линиях: учебное пособие. Мн.: РИПО, 2020. 108 с.
16. Собурь С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: учебно-справочное пособие. М.: ПожКнига, 2020. 480 с.
17. Berlin G.N., Dutt A., Gupta S.M. Modeling emergency evacuation from Group Homes. Fire Technology. 2014. Vol. 18. No. 1. P. 38-49.

УДК 669.041:621.31

## АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТОДИЧЕСКИХ МНОГОЗОННЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ НАГРЕВА СЛЯБОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

**Жильцов А.П., Харитonenко А.А., Бочаров А.В., Челябинна А.Л.**

*ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк,*

*e-mail: kaf-mo@stu.lipetsk.ru*

Рассмотрены конструктивно-технологические особенности методических многозонных печей для нагрева слябов перед прокаткой на широкополосном стане. Выделены основные показатели при эксплуатации печей: температура нагрева слябов, интенсивность нагрева, расход газа и воздуха, типы и расположение горелок, схема нагрева, теплопроизводительность. Проведен сравнительный анализ показателей расхода газа и воздуха по печам в технологической линии участка нагрева. Установлен различный характер схем нагрева в различных печах. Получены области и тренды теплопроизводительности при сравнительном анализе печей. Получены результаты проведенного пассивного эксперимента, на основании которых построены статистические модели зависимости величины теплопроизводительности от расхода газа и воздуха для различных печей. Проведенные оценки по F-критерию и t-критерию свидетельствуют о значимости коэффициентов моделей. Полученные коэффициенты множественной корреляции свидетельствуют о тесной взаимосвязи исследуемых зависимых и независимых факторов. Полученные модели позволяют прогнозировать величину получаемой теплопроизводительности в зависимости от расхода газа и воздуха. Установлено, что оценка энергоэффективности по параметру теплопроизводительности является эффективным инструментом для сравнительного анализа как при эксплуатации печей, так и при использовании конструктивно-технологических показателей анализируемых печей в процессе реконструкции.

**Ключевые слова:** широкополосовой стан, нагревательная печь, расход газа, расход воздуха, теплопроизводительность, энергоэффективность

## ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN THE OPERATION OF METHODOICAL MULTI-ZONE FURNACES FOR HEATING SLABS IN TERMS OF HEATING CAPACITY

**Zhiltsov A.P., Kharitonenko A.A., Bocharov A.V., Chelyadina A.L.**

*Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: kaf-mo@stu.lipetsk.ru*

The design and technological features of methodical multi-zone furnaces for heating slabs before rolling on a broadband mill are considered. The main indicators for the operation of furnaces are highlighted: temperature of slab heating, heating intensity, gas and air consumption, types and location of burners, heating scheme, heating capacity. A comparative analysis of gas and air consumption indicators for furnaces in the technological line of the heating section is carried out. The different nature of heating schemes in different furnaces has been established. The areas and trends of heating capacity in the comparative analysis of furnaces are obtained. The results of the conducted passive experiment are obtained, on the basis of which statistical models of the dependence of the heating capacity on the gas and air consumption for various furnaces are constructed. The evaluation carried out by the F-criterion and t-criterion indicate the significance of the coefficients of the models. The obtained multiple correlation coefficients indicate a close relationship between the studied dependent and independent factors. The obtained models make it possible to predict the value of the resulting heating capacity depending on the gas and air consumption. It is established that the assessment of energy efficiency by the heating capacity parameter is an effective tool for comparative analysis both during the operation of furnaces and when using structural and technological indicators of the analyzed furnaces during reconstruction.

**Keywords:** broadband mill, heating furnace, gas consumption, air consumption, heating capacity, energy efficiency

В листопрокатном производстве методические печи используются для нагрева слябов перед прокаткой, что является неотъемлемой и важнейшей составляющей технологического процесса, определяющей наряду с другими технологическими операциями качество и себестоимость продукции. При этом в условиях переменных геометрических и физических параметров слябов, ритма прокатки, а также технологических ограничений получение требуемых показателей качества нагрева возможно при реализации режима автоматического управления работой печей, что позволяет стабилизиро-

вать температуру нагрева, обеспечить рациональный режим расхода газа и воздуха.

Эксплуатация современных методических печей с шагающими балками связана с существенными энергетическими затратами как для нагрева заготовок, так и для обеспечения их перемещения по поду печи за счет применения приводов «шагающих» подов или балок. Поэтому актуальным является применение энергосберегающих технологий нагрева [1, 2], математического моделирования при исследовании теплового состояния и управления тепловыми процессами [3], исследования технологических

методов для повышения энергоэффективности при нагреве слябов [4–6].

Нагревательные многозонные печи в технологической линии стана с выполнением общей основной функции – нагрев слябов до необходимой температуры пластичности – могут различаться по ряду конструктивных и технологических параметров. Это связано с тем, что печи подвергаются модернизации и реконструкции в различные периоды времени с учетом достигнутого на данный период времени уровня техники и технологии.

Дальнейший анализ энергоэффективности связан с эксплуатацией печей № 2–5 непрерывного широкополосного стана (НШС) 2000 горячей прокатки. Печь № 1 находится на реконструкции (выведена из эксплуатации), печь № 2 и печи № 3–5 реконструированы в различное время и отличаются по конструктивным и технологическим параметрам.

Следует отметить, что расход энергии на нагрев слябов в печах имеет преимущественное значение среди других показателей по участкам стана, поэтому необходим сравнительный анализ энергоэффективности по печам № 2 и № 3–5. Проведение данного анализа обусловлено также необходимостью оценки применения конструктивно-технологических решений для рассматриваемых печей при реконструкции печи № 1.

К основным показателям печей следует отнести: температуру нагрева, интенсивность нагрева, расход газа и воздуха, количество, типы и особенности расположения горелок, теплопроизводительность. Для печей характерно применение позонного нагрева слябов путем предварительного нагрева,

основного нагрева и томления для достижения температуры по сечению слябов, необходимой и достаточной для обеспечения пластической деформации при прокатке. Основным показателем является теплопроизводительность печи, которая зависит от интенсивности нагрева, расхода газа и воздуха.

С учетом вышеизложенного целью исследования является анализ влияния показателей расхода газа и воздуха на величину теплопроизводительности печей № 2 и № 3–5, определяющей их энергоэффективность.

#### *Исследование показателей теплопроизводительности печей*

Как отмечено выше, теплопроизводительность, характеризующая энергоэффективность печей, определяется как величиной расхода газа и воздуха, так и расположением форсунок. Так, для печи № 2 характерно расположение форсунок на боковых стенках внутреннего пространства печи, для печей № 3–5 – на боковых стенках и в верхней зоне. На рис. 1 и 2 приведено сравнение расхода газа и воздуха для печи № 2 и № 3–5, а на рис. 3 и 4 – сравнение теплопроизводительности  $Q$  в ккал/ч печей № 2 и № 3–5.

Так, для печи № 2 распределение расхода воздуха и газа по зонам имеет убывающий характер с постепенным уменьшением расхода в относительно ступенчатом режиме (рис. 1). Для печей № 3–5 в отличие от печи № 2 при переходе от нагревательной верхней и нижней зон к зонам выравнивания интенсивность расхода воздуха и газа резко уменьшается (рис. 2), что приводит к скачкообразному характеру распределения теплопроизводительности.

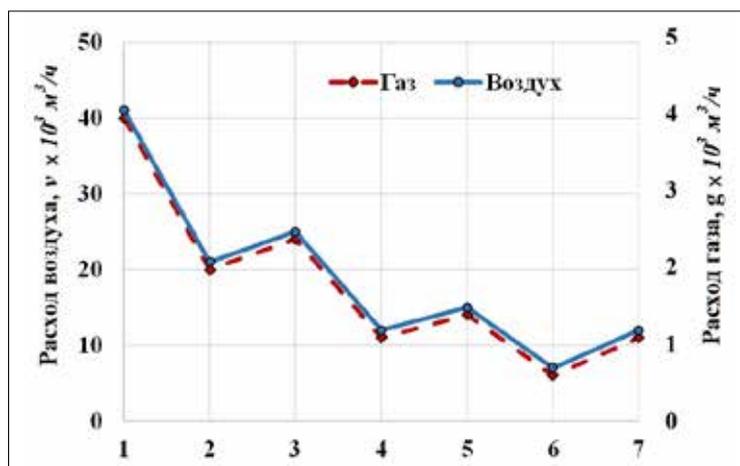


Рис. 1. Распределение расхода газа и воздуха по зонам для печи № 2:

1 – зона предварительного нагрева; 2 – верхняя зона нагрева № 1;

3 – нижняя зона нагрева № 1; 4 – верхняя зона нагрева № 2;

5 – нижняя зона нагрева № 2; 6 – верхняя зона томления; 7 – нижняя зона томления

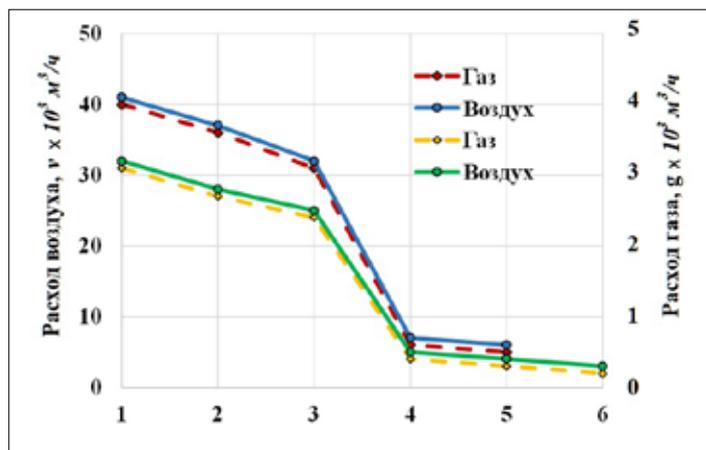


Рис. 2. Распределение расхода газа и воздуха по зонам для печей № 3–5: 1 – зона предварительного нагрева; 2 – нагревательная зона № 1; 3 – нагревательная зона № 2; 4 – левая зона выравнивания (центральная для нижней зоны); 5 – правая зона выравнивания (периферийная для нижней зоны); 6 – экран

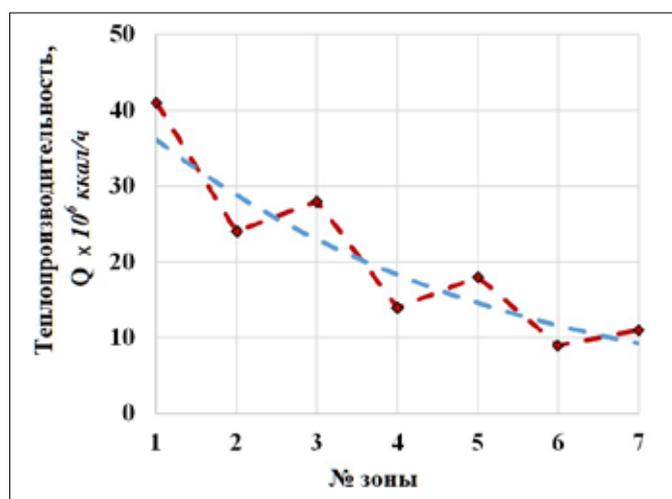


Рис. 3. Интервалы и тренд теплопроизводительности печи № 2 по зонам нагрева

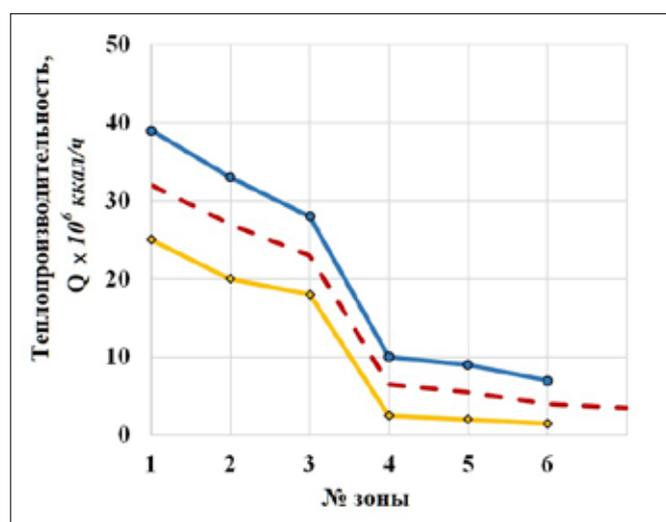


Рис. 4. Интервалы и тренд теплопроизводительности печей № 3–5 по зонам нагрева

Анализ показывает, что теплопроизводительность  $Q$  для печи № 2 превышает соответствующий показатель для печей № 3–5 на 8,1%. Это связано с принятой схемой нагрева в печи № 2 и в печах № 3–5.

На рис. 3 и 4 приведены области и тренды теплопроизводительности для печей № 2 и № 3–5. Для печи № 2 характерным является пологий тренд изменения теплопроизводительности по зонам с максимальной величиной в 1 и 2 зонах нагрева. Для печей № 3–5 характерна ступенчатая с резким переходом схема нагрева с максимальной интенсивностью в первых зонах нагрева.

С целью определения влияния величин расхода газа и воздуха на величину теплопроизводительности проведен пассивный эксперимент с фиксацией независимых переменных в виде расхода газа  $g$  и воздуха  $v$  и достигнутой величины теплопроизводительности  $Q$  по зонам нагрева печей № 2 и № 3–5. На основе полученного массива экспериментальных данных построены статистические модели для печи № 2 и печей № 3–5 вида

$$Q = a_0 + a_1v + a_2g + a_3vg.$$

Статистическая модель для печи № 2 имеет вид

$$Q = 0,38 \cdot 10^6 - 10,7v + 10,9g \cdot 10^3 + 2,1vg \cdot 10^{-5}, \tag{1}$$

для печей № 3–5:

$$Q = \begin{cases} -0,19v + 8,2g \cdot 10^3 + 1,8vg \cdot 10^{-5} & \begin{cases} \text{при } 45 \cdot 10^3 > v > 25 \cdot 10^3 \\ \text{при } 4,5 \cdot 10^3 > g > 2,2 \cdot 10^3 \end{cases} \\ -0,22v + 9,3g \cdot 10^3 + 1,9vg \cdot 10^{-5} & \begin{cases} \text{при } 25 \cdot 10^3 > v > 6,0 \cdot 10^3 \\ \text{при } 2,2 \cdot 10^3 > g > 0,5 \cdot 10^3 \end{cases} \\ -0,19v + 8,1g \cdot 10^3 + 1,6vg \cdot 10^{-5} & \begin{cases} \text{при } 6,0 \cdot 10^3 > v > 3,0 \cdot 10^3 \\ \text{при } 0,5 \cdot 10^3 > g > 0,2 \cdot 10^3 \end{cases} \end{cases} \tag{2}$$

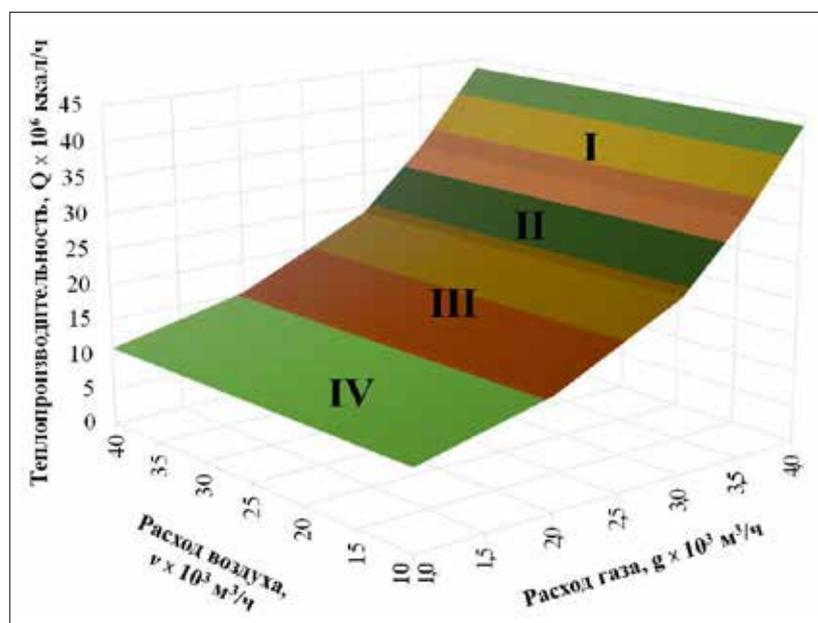


Рис. 5. Области теплопроизводительности по зонам нагрева для печи № 2: I – зона предварительного нагрева; II, III – зоны основного нагрева; IV – зона томления

Проверка моделей по F-критерию и t-критерию свидетельствует о значимости коэффициентов модели, при этом коэффициенты множественной корреляции для моделей (1) и (2) составили соответственно  $R_1 = 0,865$ ,  $R_2 = 0,784$ , что свидетельствует о тесной взаимосвязи исследуемых параметров.

На рис. 5 в качестве примера приведена визуализация модели для печи № 2. Данная визуализация представляет собой поверхность с плавным переходом по зонам нагрева величины теплопроизводительности в зависимости от расхода газа и воздуха.

Обеспечение равномерного нагрева по основным зонам (рис. 5) и снижение интенсивности в завершающей зоне (зона томления) является характерной особенностью для печи № 2. Это обеспечивается особенностями расположения горелок в верхних и нижних зонах и типами применяемых горелок: TSX-16, TSX-14, TSX-12, TSX-10. Повышение энергоэффективности обеспечивается также работой рекуператора в режиме противотока.

Данные горелки являются беспламенными с возможностью применения импульсного режима нагрева. В беспламенной горелке, за счет особой организации подачи газа и воздуха, практически полностью отсутствует видимый факел, что позволяет достигнуть равномерного теплового потока на металл и снизить вредные выбросы. Импульсный режим, в отличие от традиционного пропорционального, позволяет работать только со стабильным режимом, избегая переходных процессов, когда регулирование качества сжигания топлива неэффективно. Это положительно сказывается как на качестве нагрева, так и на экологичности процесса производства проката [7].

При этом, в отличие от печи № 2, в печах № 3–5 наблюдается ступенчатое с резким переходом по зонам изменение величины достигаемой теплопроизводительности (рис. 4), что негативно влияет на снижение энергоэффективности по параметру теплопроизводительности.

## Выводы

1. Оценка энергоэффективности печей по параметру теплопроизводительности является достаточно эффективным инструментом, позволяющим проводить сравнительный анализ технологических и эксплуатационных параметров печей при их эксплуатации.

2. Установлено, что повышение энергоэффективности по параметрам теплопроизводительности печи № 2 по сравнению с печами № 3–5 обусловлено:

– характером расположения и типами применяемых горелок;

– обеспечением режима нагрева слябов с равномерным переходом по зонам нагрева.

3. Рекомендовано при проведении реконструкции печи № 1 учитывать конструктивно-технологические параметры для печи № 2, что позволяет повысить энергоэффективность реконструируемой печи.

## Список литературы

1. Казанцев Е.И., Котляревский Е.М., Баженов А.В., Заварова И.С. Энергосберегающая технология нагрева слитков. М.: Металлургия, 1992. 176 с.

2. Чмырев И.Н., Башкатов Э.А., Дождиков В.И., Мордовкин Д.С. Влияние опорной системы печей с шагающими балками на особенности теплового состояния нагреваемых слябов // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. М., 2016. Вып. 11 (1403). С. 63–66.

3. Логунова О.С., Агапитов Е.Б., Баранкова И.И., Андреев С.М., Чусавитина Г.Н. Математические модели для исследования теплового состояния тел и управления тепловыми процессами // Электротехнические системы и комплексы. 2019. № 2 (43). С. 25–34.

4. Ткаченко И.М. Повышение энергоэффективности комплекса для нагрева непрерывнолитых слябов перед прокаткой // Международный научно-исследовательский журнал. 2012. № 6 (6). С. 16–18.

5. Беленький А.М., Бурсин А.Н., Улановский А.А., Чибизова С.И. Совершенствование тепловой работы нагревательных печей станков горячей прокатки // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической информации. 2015. № 2. С. 62–69.

6. Мордовкин Д.С., Дождиков В.И., Беленький А.М., Чмырев И.Н., Башкатов Д.А. Современные средства исследований процесса нагрева металла в методических печах станков горячей прокатки // Труды 10-го Международного конгресса прокатчиков (Липецк, 14–16 апреля 2015 г.). Липецк: Издательство ЛГТУ, 2015. С. 48–53.

7. Мешкова О.В., Фаустов В.В., Правдин А.М. Эффективная технология и качество готового проката – неразрывные понятия // Вестник Липецкого государственного технического университета. 2021. № 2 (45). С. 87–91.

УДК 681/.5:004

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТНОГО АВТОМАТА РАСПОЗНАВАНИЯ ВИДОВ ПАТОЛОГИЙ ОРГАНИЗМА ЖИВОТНОГО ПРИ ГИСТОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

<sup>1,2</sup>Костарев С.Н., <sup>1</sup>Татарникова Н.А., <sup>3</sup>Новиков А.В., <sup>1</sup>Середа Т.Г.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет  
им. академика Д.Н. Прянишникова», Пермь, e-mail: iums@dom.raid.ru;

<sup>2</sup>ФГКВУ ВО «Пермский военный институт войск национальной гвардии  
Российской Федерации», Пермь;

<sup>3</sup>ФКОУ ВО «Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний», Пермь

Одним из точных методов диагностики заболевания на тканевом уровне, определения выраженности патологического процесса и постановки правильного диагноза является гистологическое исследование. Гистологическое изучение тканей широко применяется практически во всех медицинских и ветеринарных специальностях и всегда выполняется после любой операции, но в онкологии оно имеет особое значение. Разработка анализаторов распознавания гистологических рисунков в рамках программы импортозамещения является весьма актуальным исследованием. На данный момент экспресс-анализаторы используются преимущественно для жидких биосред. Для диагностики твердых биосред, например в гистологии, автоматизированные экспресс-анализаторы используются редко, что создает большую нагрузку на ветеринарных врачей при постановке диагноза заболевания. В статье рассмотрено применение методики построения автомата распознавателя патологий организма животного при гистологическом анализе с использованием жесткой логики. При морфоструктурных изменениях в тканях вызывает интерес изучение древообразной структуры патологий, что позволяет понять причинно-следственную связь болезни животного. В данном исследовании глубина подпатологий для данного примера использования была взята равной трем и в перспективе может быть увеличена или уменьшена при решении конкретной задачи. Полученная система логических уравнений реализована в блочной диаграмме. Проведено имитационное моделирование по определению индикаторов видов патологий.

**Ключевые слова:** гистология, распознавание образов, конечные автоматы

## DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR SYNTHESIZING A SEQUENTIAL AUTOMATON FOR RECOGNIZING TYPES OF ANIMAL PATHOLOGIES IN HISTOLOGICAL ANALYSIS

<sup>1,2</sup>Kostarev S.N., <sup>1</sup>Tatarnikova N.A., <sup>3</sup>Novikov A.V., <sup>1</sup>Sereda T.G.

<sup>1</sup>Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm,  
e-mail: iums@dom.raid.ru;

<sup>2</sup>Perm Military Institute of National Guard Troops of the Russian Federation, Perm;

<sup>3</sup>Perm Institute of the FPS of Russia, Perm

Histological examination is a method for diagnosing a disease at the tissue level – the study of a prepared area of pathological tissue allows you to get an idea of the essence, severity of the pathological process, identify its features and, thanks to this, accurately diagnose and select the required treatment. Histological examination of tissues is widely used in almost all medical and veterinary specialties and is always performed after any operation, but in oncology it is of particular importance. Currently, we are developing analyzers for the recognition of histological patterns as part of the import substitution program and is a very relevant research. At the moment, express analyzers are used mainly for liquid biological media. For the diagnosis of solid biological media, for example, in histology, automated express analyzers are rarely used, which creates a great burden on veterinarians when diagnosing a disease. The article considers the application of a technique for constructing an automaton for recognizing pathologies of an animal organism in histological analysis using strict logic. With morphostructural changes in tissues, it is of interest to study the tree-like structure of pathologies, which makes it possible to understand the causal relationship of the animal's disease. In this study, the depth of subpathologies, for this use case, was taken equal to three and in the future can be increased or decreased when solving a specific problem. A system of logical equations implemented in a block diagram is obtained. Simulation modeling was carried out to determine the indicators of types of pathologies.

**Keywords:** histology, pattern recognition, finite automat

Развитие экспресс-диагностики заболеваний в ветеринарии и медицине является актуальной задачей. В настоящее время гистологическому анализу структурных изменений в тканях животных уделяется большое внимание [1, 2]. Для автоматизированного распознавания патологий заболеваний используются подходы, основан-

ные на морфологическом и спектральном анализе [3], нейронных сетях [4], на основе геометрии и функционального анализа [5–7]. В данной работе предложено использование теории конечных автоматов [8–10] для распознавания индикаторов видов патологий при гистологическом анализе.

Цель исследования – разработка способа распознавания патологических процессов, протекающих в организме животного на клеточном уровне, на основе индикаторов патологий.

**Материалы и методы исследования**

Теоретические подходы были основаны на применении теорий гистологического анализа и конечных автоматов [11]. В лабораторных исследованиях изучались гистологические образцы, пораженные хламидийной инфекцией: плацента коровы, мягкая мозговая оболочка коры больших полушарий плода и мозжечок теленка, характеризующие фазы развития патологических процессов [12]. Лабораторные исследования по гистологическому анализу осуществляли с использованием системы гистологической проводки, ротационного микротомы, светового микроскопа «MicroOptix» и другого оборудования. Симуляция работы логической схемы проведена с использованием программы «Electronics Workbench».

**Результаты исследования и их обсуждение**

*1. Лабораторный эксперимент*

Натурные эксперименты проводились на фермах, содержащих крупный рогатый скот, в Пермском крае и Тюменской области. При проведении исследований материал, представляющий научный интерес, был помещен в четырехпроцентный раствор формальдегида, затем осуществлена вырезка тканей с последующей проводкой по спиртам возрастающей крепости. После обезвоживания и заливки в парафиновые блоки были сделаны срезы толщиной 5 мкм. Далее срезы были окрашены гематоксилином и эозином по ван Гизону и по Нисслю). На рис. 1–3 показаны некоторые обнаруженные патологии на примере крупных рогатых животных при инфицировании хламидией [12].

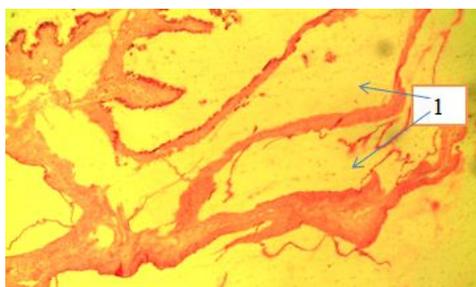


Рис. 1. Фаза 1. Процесс воспаления, вызывающий отек оболочек (1) плаценты коровы. Окраска по ван Гизону. x 100

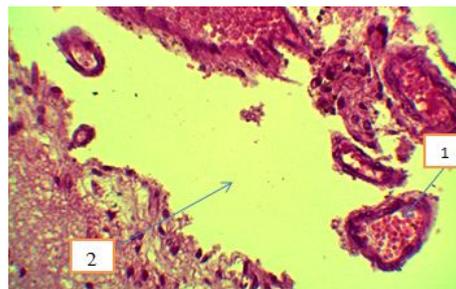


Рис. 2. Фаза 2. Процесс экссудации, вызвавший полнокровие вен (1) мягкой мозговой оболочки коры больших полушарий плода и отслоение мягкой мозговой оболочки (разобщение тканей) (2). Окраска гематоксилином и эозином. x 400



Рис. 3. Фаза 3. Процесс альтерации, вызывающий некробиоз грушевидных нейроцитов в мозжечке теленка. Окраска по Нисслю. x 100

Рассмотренные фазы отражают последовательную деструкцию ткани животного и позволяют далее перейти к построению автоматизированной системы диагностики патологий.

*2. Построение автомата распознавателя*

В соответствии с лабораторным экспериментом (рис. 1–3) рассмотрим построение дерева подпатологий. Рассмотрим древовидную структуру патологии клетки, приведенную на рис. 4.

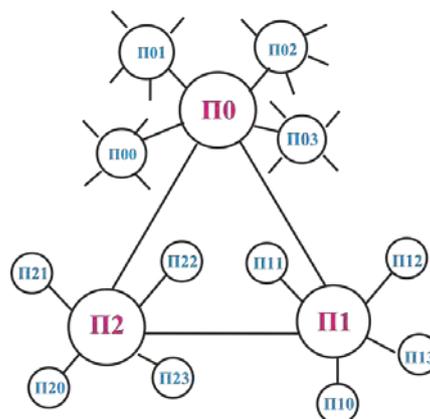


Рис. 4. Древовидная структура патологии клетки

Допустим, что верхний уровень при воспалении (П0, П1, П2) описывает соответственно процессы: «Инфекционный специфический», «Инфекционный неспецифический» и «Неинфекционный». Ветка П1 (Инфекционный специфический процесс) в свою очередь порождает подпатологии 2 уровня: (п01, п02, п03, п04), которые в свою очередь порождает подпатологии 3 уровня. Для построения автомата распознавателя индикаторов патологий воспользуемся автоматом Мура:

$$M = f(I, C, P, \lambda, \delta, C_0),$$

где  $I = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  – множество входных сигналов (индикаторов патологий);

$C = (c_1, c_2, \dots, c_n)$  – множество состояний,  $C_0$  – начальное состояние;

$P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  – множество индикаторов патологий (выходные сигналы);

$\delta: I \times C \rightarrow C(t+1)$ ;  $\lambda: I \times C \rightarrow P$  – функции переходов.

При построении последовательного автомата для рассмотренной структуры, размер массива  $I$  можно рассчитать по двоичной мере Хартли [10], как логарифм по основанию 2:  $I = \text{Log}_2 4 = 2$ . Массив  $I = (u_1, u_2)$  примем длиной 2 бита. Обобщенная структура автомата-распознавателя показана на рис. 5. Для переключения тактов, описывающих переходы подпатологий, воспользуемся триггером  $c(t+1)$ .

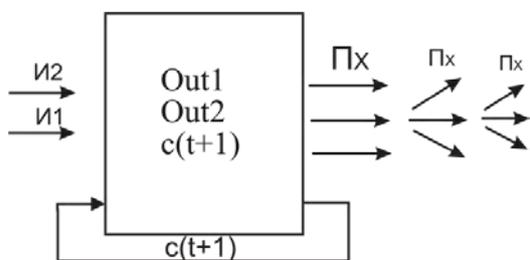


Рис. 5. Обобщенная структура автомата-распознавателя индикаторов патологий

Первую ветвь патологий можно закодировать следующим способом (табл. 1).

Вторую подветвь первой ветки  $P_1$  также закодируем аналогично (табл. 2).

Кодировка индикаторов третьего подуровня ветки «Инфекционный специфический / Экссудация» показана в табл. 3.

Остальные ветки дерева патологий (рис. 4) можно закодировать по такой же методике. Рассмотрим задачу распознавания индикаторов при патологии «Инфекционный специфический / Экссудация / Альтерация», что соответствует кодировке ветки –  $(P_0) / n_{03} / n_{032}$ , тогда эта ветка будет представлять последовательный набор: 032.

Таблица 1

Кодировка индикаторов первого уровня ветки

Номер	$u_2 u_1$	Название индикатора процесса	Индикатор
0	0 0	Инфекционный специфический	$P_0$
1	0 1	Инфекционный неспецифический	$P_1$
2	1 0	Неинфекционный	$P_2$
3	1 1	Резерв	

Таблица 2

Кодировка индикаторов второго подуровня ветки  $P_1$

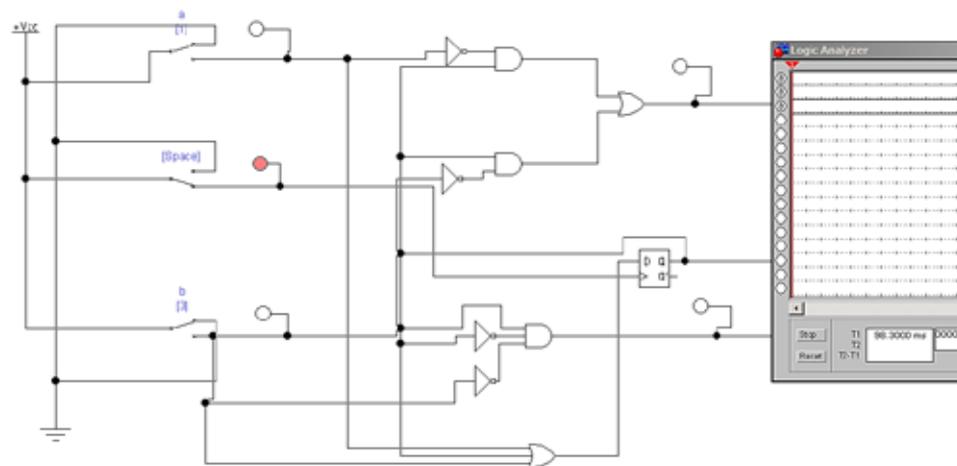
Номер	$u_2 u_1$	Название индикатора процесса	Индикатор
0	0 0	Необратимая адгезия к эндотелию	$n_{00}$
1	0 1	Обратимая адгезия	$n_{01}$
2	1 0	Гипертрофия	$n_{02}$
3	1 1	Экссудация	$n_{03}$

Таблица 3

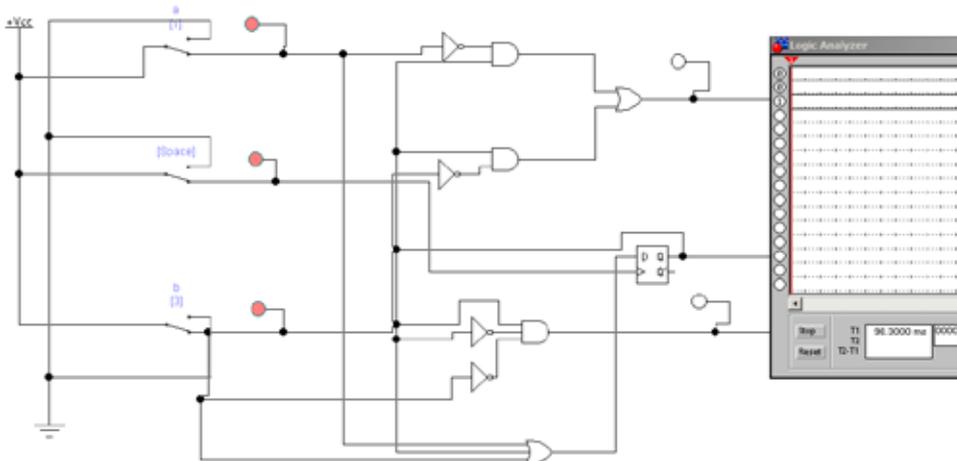
Кодировка индикаторов третьего подуровня ветки «Инфекционный специфический / Экссудация»

Номер	$u_2 u_1$	Название индикатора	Индикатор
0	0 0	Лимфостаз	$n_{030}$
1	0 1	Склероз	$n_{031}$
2	1 0	Альтерация	$n_{032}$
3	1 1	Десквамация	$n_{033}$

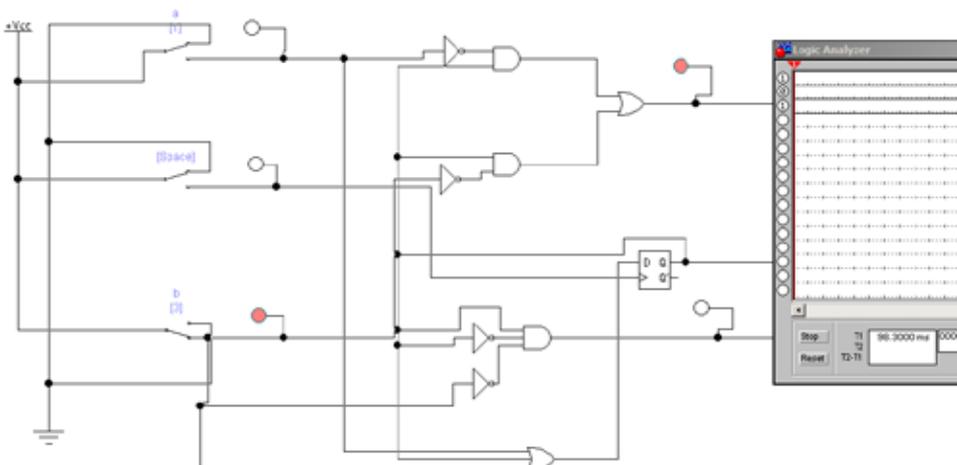
Для формирования логической функции автомата-распознавателя построена первичная таблица переходов [10]. На первом этапе построения таблицы отмечен правильный (устойчивый) код красным цветом (входящие сигналы упорядочены по коду Грея) (табл. 4). На входы автомата могут также поступать коды, соответствующие другим патологиям, которые также внесены в табл. 4. В данном случае глубина подуровней патологий была взята равной трем, соответственно, на третьем такте формируется диагноз (выход  $\text{Out1}=1$ ). Если диагноз не соответствует искомому, тогда формируется сигнал на выходе «Out2».



а)



б)



в)

Рис. 6. Результаты эксперимента:  
 а) 1 такт, поступил код 00; б) 2 такт, поступил код 11 (3);  
 в) 3 такт, поступил код 10 (2), активировался индикатор патологии  $n_{032}$

**Таблица 4**

Первичная таблица переходов

Номер такта	$u_2 u_1$				Искомый диагноз, Out1	Out2
	00	01	11	10		
1	<b>1</b>	2		4	0	0
2		3	2		0	0
3				<b>3</b>	1	0
4	1		4		0	1
5		5			0	1

Для упрощения устройства автомата, методом слияния строк, была построена минимизированная таблица переходов (табл. 5).

**Таблица 5**

Минимизированная таблица переходов

сливаемые строки	$u_2 u_1$			
	00	01	11	10
1, 4	<b>1</b>	2	<b>4</b>	4
2, 3, 5		5	2	3

Далее построена таблица переходов-выходов на основании автомата Мура (табл. 6). По таблице переходов-выходов можно синтезировать логические уравнения для нахождения индикаторов патологии и построения характеристического уравнения триггера  $c(t+1)$ . Используя табл. 6 как карту Карно, находим функцию управления триггером. Дозаполнив пустые клетки и найдя минимальную дизъюнктивную нормальную форму, получаем следующее уравнение для триггерного элемента:  $c(t+1) = b \vee c \vee a$ .

**Таблица 6**

Таблица переходов-выходов

$c(t)$	$u_2 u_1$				$\frac{c(t+1)}{n^T n^F}$
	00	01	11	10	
0	$\frac{0}{00}$	$\frac{1}{00}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{00}$	
1		$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{00}$	$\frac{1}{01}$	

**Таблица 7**

Логические уравнения для кодирования веток дерева распознавателя патологий\*

Код	Выход	Уравнение	Код	Выход	Уравнение
000	y(t+1)	$b\bar{a} \vee y\bar{b}$	100	y(t+1)	$\bar{b}\bar{a} \vee ba \vee \bar{y}a \vee \bar{y}b$
	Out1	$\bar{a} \bar{b}$		Out1	$y\bar{b} \vee ab$
	Out2	y b		Out2	$\bar{y}b \vee ab$
012	y(t+1)	$a(\bar{y} \vee \bar{b}) \vee y(\bar{a} \vee \bar{b})$	101	y(t+1)	$y(\bar{b} \vee \bar{a})$
	Out1	$a(y \vee \bar{b})$		Out1	$y\bar{b} \vee \bar{y}b$
	Out2	$\bar{y}b \vee \bar{y}a \vee ab$		Out2	$\bar{y}(b \vee a) \vee a\bar{b}$
013	y(t+1)	$b \vee y \vee a$	103	y(t+1)	$b \vee y \vee a$
	Out1	$a(y \vee b)$		Out1	ba
	Out2	$\bar{y}b \vee a\bar{y} \vee ab \vee y\bar{b}$		Out2	$\bar{b}(y \vee a)$
020	y(t+1)	$\bar{y}b \vee ya \vee ab \vee y\bar{b}$	110	y(t+1)	$b \vee y \vee a$
	Out1	$y\bar{a} \vee \bar{y}a$		Out1	$ba\bar{y} \vee b\bar{a}y$
	Out2	$b(\bar{y} \vee a)$		Out2	$a(y \vee \bar{b})$
021	y(t+1)	$a(\bar{y} \vee \bar{b}) \vee y(\bar{a} \vee \bar{b})$	112	y(t+1)	$b \vee y \vee a$
	Out1	$b(y \vee \bar{a})$		Out1	$\bar{b}y \vee \bar{a}y$
	Out2	$b(\bar{y} \vee a)$		Out2	$y\bar{b}\bar{a}$
023	y(t+1)	$b \vee y \vee a$	120	y(t+1)	$\bar{y}b \vee y\bar{a} \vee a\bar{y} \vee ab$
	Out1	a b		Out1	$\bar{b}(\bar{y} \vee \bar{a})$
	Out2	$b\bar{a} \vee \bar{b}a$		Out2	$b(y \vee a)$
030	y(t+1)	$b \vee y \vee a$	200	y(t+1)	$y(b \vee \bar{a})$
	Out1	$a \bar{b}$		Out1	$\bar{b}a$
	Out2	$b\bar{a} \vee \bar{b}a$		Out2	by

Примечание. Триггер обозначен символом «у».

Проведя аналогичные действия для индикатора патологии «Out1», получаем логическое уравнение в виде  $\text{Out1} = \overline{c\bar{a}} \vee \overline{c\bar{b}}$ . Выход «Out2» опишется уравнением  $\text{Out2} = \overline{c\bar{b}\bar{a}}$ . Логическая блок-схема построена с использованием D-триггера. Результаты эксперимента показаны на рис. 6. При поступлении последовательного кода 032 активируется индикатор «Out1» (рис. 6, в), что соответствует индикатору патологии –  $n_{032}$ . Таким образом, показано, что при наличии древоподобной причинно-следственной связи подвидов патологий возможно разработать автомат-распознаватель, что может оказать помощь ветеринарному врачу при постановке диагноза заболевания.

Аналогичным образом были получены логические уравнения для некоторых других веток дерева патологий (табл. 7).

### Заключение

В статье показан пример использования последовательного автомата распознавания индикаторов, имеющих вложенную древообразную структуру при гистологическом анализе патологии морфоструктурных изменений в тканях на клеточном уровне. Показана методика построения автомата-распознавателя видов патологий организма животного при гистологическом анализе на жесткой логике, преимуществом которой является быстрое действие и надежность. Полученные логические уравнения могут лечь в основу построения гистологического экспресс-анализатора и оказать помощь при постановке диагноза ветеринарному врачу.

### Список литературы

1. Григорьева Ю.В., Суворова Г.Н., Ренц Н.А., Бормотов А.В. Способ анализа структур межклеточного вещества соединительной ткани в гистологических срезах шейки матки у животных // Патент РФ № 2646469 С2 от 05.03.2018. Заявка № 2016133325 от 11.08.2016. Патентообладатель: Григорьева Юлия Владимировна. URL: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet) (дата обращения: 28.09.2022).
2. Томакова Р.А., Филист С.А., Горбатенко С.А., Швецова Н.А. Анализ гистологических изображений посредством морфологических операторов, синтезированных на основе преобразования Фурье и нейросетевого моделирования // Биотехносфера. 2010. № 3 (9). С. 54–60.
3. Трухан С.В., Недзьведь А.М., Колер А. Морфологический и спектральный анализ гистологической ткани с использованием глубоких сверточных сетей // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2019. № 4 (122). С. 25–31.
4. Кочетова О.В., Серeda Т.Г. Разработка модели диагностики патологий при анализе гистологического снимка // Пермский аграрный вестник. 2021. № 1 (33). С. 53–63.
5. Федотов Н.Г., Шульга Л.А., Кольчугин А.С., Смолькин О.А., Романов С.В. Формирование признаков распознавания гистологических изображений на основе стохастической геометрии и функционального анализа // Математические методы распознавания образов. 2007. Т. 13. № 1. С. 545–547.
6. Лебедев А.А., Хрящев В.В., Среднякова А.С., Степанова О.А. HISTIMAGE.AI – программа для сегментации и анализа гистологических изображений // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ РФ № 2019611987 от 07.02.2019. Заявка № 2018664890 от 20.12.2018.; URL: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet) (дата обращения: 28.09.2022).
7. Степанова О.А., Среднякова А.С., Болотова А.А., Хрящев В.В. Анализ гистологических изображений в задаче диагностики рака молочной железы // Перспективные технологии в средствах передачи информации – ИТСПИ-2019: материалы XIII международной научно-технической конференции. В 2-х т. 2019. С. 224–228.
8. Sereda T.G., Tatarnikova N.A. Development of an automated system histology security of food production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 315 (3). P. 032003.
9. Kostarev S.N., Sereda T.G., Tatarnikova N.A., Kochetova O.V. Creation of the automatic machine of the cell pathology recognizer. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 421. P. 042003.
10. Самофалов К.Г., Риманкевич А.М., Валуцкий В.Н., Каневский Ю.С., Пиневич М.М. Прикладная теория цифровых автоматов. К.: Вища шк., 1987. 357 с.
11. Постников А.И., Непомнящий О.В., Макуха Л.В. Прикладная теория цифровых автоматов: учебное пособие. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2017. 204 с.
12. Татарникова Н.А., Кочетова О.В. Патоморфогенез гистогематических барьеров в системе «мать – плацента – плод» при хламидиозе животных. Пермь: Пермский институт ФСИИ России, 2021. 361 с.

УДК 004.934.8'1

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО ГОЛОСОВОМУ СИГНАЛУ

**Кулемзин Д.В., Данилюк С.С., Селезнев Д.В.**

*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»,  
Ростов-на-Дону, e-mail: kulemzin8@mail.ru, vin.90@mail.ru, ghost-nimizis@ya.ru*

В настоящее время продолжают уверенно формироваться новые методы, а также подходы к вопросам защиты информации в информационных системах, функционирующих с целью предоставления государственных услуг, а также в сфере безопасности. Одним из самых перспективных направлений является развитие биометрических систем аутентификации. Отдельно среди существующих методов биометрической аутентификации выделяется распознавание диктора по голосу. Этот метод отличает простота в использовании и относительная по сравнению с другими видами аутентификации дешевизна. В статье раскрыты главные принципы работы алгоритмов распознавания личности по голосу, а также рассмотрены и проанализированы основные имеющиеся на сегодняшний день методики, используемые для аутентификации личности по голосовому сигналу. Представлены как основные недостатки приведенных методов и алгоритмов, так и их преимущества. В ходе проведенного исследования выделены как наиболее перспективные для дальнейшего глубокого изучения и совершенствования такие методы голосовой аутентификации, как марковские модели HMM (статистические модели, в которых моделируемая система рассматривается как марковский процесс), а также распознавание SVM (метод опорных векторов, использующий для классификации линейный алгоритм). Указанные в статье методы голосовой аутентификации и проведенный анализ их функционирования указывает на актуальность проведения дальнейшего исследования с целью разработки новых алгоритмов и методов голосовой аутентификации по индивидуальным артикуляционным особенностям диктора.

**Ключевые слова:** биометрические системы, голосовая аутентификация, защита информации, диктор, идентификация, марковские модели HMM, распознавание SVM

## ANALYSIS OF EXISTING TECHNOLOGIES PERSONALITY AUTHENTICATION BY VOICE SIGNAL

**Kulemzin D.V., Danilyuk S.S., Seleznev D.V.**

*Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don,  
e-mail: kulemzin8@mail.ru, vin.90@mail.ru, ghost-nimizis@ya.ru*

Currently, new methods continue to be confidently formed, as well as approaches to the issues of information security in information systems that function to provide public services, as well as in the field of security. One of the most promising areas is the development of biometric authentication systems. Separately, among the existing methods of biometric authentication, speaker recognition by voice stands out. This method is easy to use and relatively cheap compared to other types of authentication. The article reveals the main principles of operation of algorithms for identifying a person by voice, and also considers and analyzes the main methods available today that are used to authenticate a person by a voice signal. Both the main disadvantages of the above methods and algorithms and their advantages are presented. In the course of the study, such methods of voice authentication as HMM Markov models (statistical models in which the simulated system is considered as a Markov process) and SVM recognition (support vector method that uses linear algorithm). The methods of voice authentication indicated in the article, and the analysis of their functioning indicates the relevance of further research in order to develop new algorithms and methods of voice authentication based on the speaker's individual articulatory features.

**Keywords:** biometric systems, voice authentication, information security, speaker, identification, HMM Markov models, SVM recognition

Биометрические системы аутентификации личности по состоянию на сегодняшний день стремительно развиваются и уверенно внедряются с каждым годом в работу как государственных, так и частных организаций. Примером этому служит то, что данные системы надежно закрепились в банковской сфере, а также в сфере предоставления государственных услуг.

Биометрические признаки уникальны для каждого человека, поэтому биометрические системы аутентификации личности нашли широкое применение. Распознавание диктора по голосу является одним из методов биометрической аутентификации и в свою очередь имеет большое

преимущество перед другими методами за счет простоты и дешевизны используемых средств.

Цель исследования – выделение наиболее перспективных для дальнейшего изучения методов аутентификации личности по голосовому сигналу.

### **Материалы и методы исследования**

Голосовая аутентификация состоит в характеристике личности по голосу, при которой предлагаемый образец голоса сопоставляется с имеющейся базой [1]. Основные характеристики (ошибки первого и второго рода) систем голосовой аутентификации, в значительной мере определяются

отношением сигнал/шум обрабатываемых материалов регистрации. Ввод речевого сигнала пользователя осуществляется, как правило, на фоне внешних мешающих сигналов, например акустических волн, обусловленных работой коммутационной аппаратуры, серверов, кондиционеров. Задача компенсации этих сигналов осложняется, если они действуют в полосе частот речевого сигнала. Экспериментальные исследования спектра сигнала, обусловленного работой коммутационной аппаратуры (коммутаторы, маршрутизаторы), показали, что он занимает большую полосу частот с максимумами в области 1; 3; 4,2; 5 кГц [2]. Аутентификация диктора в сигнале, который был модифицирован, закодирован, сжат или обработан другими видами, аналоговыми или цифровыми преобразователями значительно усложняется. При подаче речевого сигнала по каналам связи анализу подвергается данный сигнал. Кодирование позволяет исключить из предлагаемого речевого сигнала черты аутентификации.

Также необходимо принимать во внимание повышенный интерес к системам голосовой аутентификации мошенников и злоумышленников, чья цель состоит во взломе системы и получении доступа к данным пользователей. В частности, предъявление диктофонной или любой цифровой записи голоса человека является одной из распространенных форм атаки на системы распознавания.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Из вышеперечисленных факторов очевидно, что без решения вопросов о степени алгоритмов цифровой обработки на каждую группу признаков, используемых для зада-

чи аутентификации, процедура защиты данных не может быть защищенной, надежной и достоверной.

Основу большинства методов голосовой аутентификации составляют методы анализа лингвистических или акустических характеристик голоса, к которым относят дефекты речи, высоту и силу голоса, тембр, продолжительность фонации. В настоящее время распознавание диктора производится на основе экспертных и автоматических методик, которые также именуется объективными и субъективными методиками.

Экспертные методики в процессе фоноскопического анализа позволяют уточнить результаты применения автоматических средств распознавания. Экспертные методы являются наиболее предпочтительными в том случае, если в сложившихся условиях (например, при повышенном шуме, помехах), затруднено использование автоматических методов.

На сегодняшний день задействуются следующие методики:

- мелодический контур;
- выравнивание;
- микроанализ диапазона гласных [3].

Для задачи идентификации и аутентификации человека по голосовому сигналу могут использоваться практически все методы анализа этого сигнала. Однако анализировать весь голосовой сигнал даже для современных электронно-вычислительных систем является сложной задачей, что отражено в таблице.

Поэтому для задач защиты автоматической идентификации и аутентификации голосовой сигнал в большинстве случаев параметризованный, то есть представляется в виде малого количества информационно значимых параметров.

Сравнительный анализ показателей биометрических методов аутентификации [4]

Биометрическая технология Показатель	Признание пользователями	Устойчивость к подделкам и атакам	Стоимость	Простота использования	Frr	Far	Время распознавания объекта	Размер шаблона	Стабильность работы при болезнях человека
Отпечаток пальца	5	5	7	8	5	5	6	5	9
Геометрия руки	5	6	4	8	5	5	8	9	4
Геометрия лица	9	3	7	9	1	6	8	5	3
Радужная оболочка	4	6	5	6	7	7	7	7	8
Динамика подписи	7	4	6	8	8	7	9	7	6
Голос	9	1	9	9	3	5	6	2	3

К значимым относятся следующие характеристики голосового сигнала:

- амплитудные;
- фазовые;
- временные;
- частотные;
- энергетические.

Традиционными для решения таких задач защиты информации являются алгоритмы, основанные на преобразованиях Фурье. Самыми часто используемыми среди алгоритмов являются:

- выделение мел-частотных коэффициентов (MFCC);
- выделение коэффициентов линейного предсказания [5].

У указанных методов имеются определенные преимущества. Это можно объяснить тем, что итоговый вектор не находится в зависимости от первоначального образца, а также тем, что во внимание принимаются индивидуальные особенности голоса исследуемого субъекта [6].

Опубликованные результаты практических исследований систем, используемых для параметризации этих алгоритмов, свидетельствуют, что процент точной аутентификации дикторов превышает 98% [7]. Однако, по данным других источников, задействование образцов из реальных каналов не позволяет получить абсолютно точные данные (их точность в большинстве случаев составляет не более 90%) [8].

На основе представленных алгоритмов имеется возможность с большой точностью установить максимальные значения спектра голоса человека для отдельных звуков и формальной частоты. Указанные значения будут зависеть от анатомических и артикуляционных характеристик голоса субъекта, который подлежит аутентификации, и возможных дефектов его речи [9].

Указанные признаки подвержены искажению речи под воздействием шума, изменения физического состояния человека [10].

Основанные на спектральном анализе методы имеют явные недостатки при их использовании:

- измерение интенсивности линий сужено видимой областью спектра, поэтому отображение структуры сигнала является весьма ограниченным;
- если некорректно подобрать параметры, то могут возникнуть сложности с поиском формантных частот;
- невысокая скорость;
- возможность искажений сигнала при прохождении его непосредственно по каналу связи [11].

Методики линейного предсказания и кепстральных коэффициентов характери-

зуются большей скоростью выполнения аутентификации, но также сопровождаются рядом недостатков, основными из которых являются следующие:

- сложности, которые имеют место при выборе порядка модели;
- полученные в результате использования таких методик данные не всегда являются стабильными;
- низкий уровень надежности идентификации при аутентификации одновременно нескольких голосов;
- возможны ситуации, когда модели не отражают влияние фазовых характеристик языка.

С целью вычисления фазовых и амплитудных параметров также используются преобразования Гильберта. Их применение удобно, но использование прямого подхода к вычислениям начальной фазы речевого сигнала осложняется ввиду неопределенности прямой фазы в широком диапазоне частоты.

В практической деятельности наиболее предпочтительными являются такие методики аутентификации голоса, результаты которых не зависят от личности диктора.

К таким методикам относятся:

- марковские модели НММ (статистические модели, в которых моделируемая система рассматривается как марковский процесс);
- распознавание SVM (метод опорных векторов, использующий для классификации линейный алгоритм).

Стандартным считается применение скрытых марковских моделей, которые представляют собой цепочку с присущей ей итоговой совокупностью состояний. Последовательность состояний не прослеживается, в связи с чем модель именуется скрытой.

В настоящее время формирование НММ осуществляется на основе следующих подходов:

- создание образцов минимальных языковых единиц;
- создание различных типов моделей голосов основывается на эффекте коартикуляции;
- распознавание отграниченных слов осуществляется на основе НММ для каждого из них;

– поток речи распознается на основе единой НММ, через определенные промежутки производится соединение.

Использование НММ имеет помимо положительных характеристик и определенные недостатки. Основным из таких недостатков является то, что добиться точного распознавания можно только в том случае, если первоначально имеется строго установленная совокупность фиксированных условий. Если при использовании данной

модели оказывают воздействие шумы, помехи или канал связи, то такая модель утрачивает собственную устойчивость.

Модель SVM при обработке речевых сигналов наиболее предпочтительна в том случае, если обработке подвергается естественный язык, например, когда производится анализ искаженной текстовой информации при аутентификации. Предпосылкой использования SVM может быть следующее утверждение: в пространстве существуют два вида объектов, разделенных с помощью гиперплоскости таким образом, что объекты разных классов в итоге окажутся по разные стороны от гиперплоскости. Вполне очевидным является то, что возможно существование нескольких плоскостей. Для того чтобы классы были как можно лучше разделены между собой, необходимо увеличивать расстояние между гиперплоскостями.

В большинстве случаев для того, чтобы найти параллельные гиперплоскости, при использовании метода опорных векторов до минимума снижается квадратичная функция. Решение указанной задачи состоит в том, что за основу принимаются координаты опорных векторов. Если сложится такая ситуация, что классы будут являться линейно неразделимыми в исходном пространстве, то отображение формируется на пространство большего размера с линейной разделенностью образцов классов, что именуется пространством вторичных признаков.

### Заключение

После анализа существующих технологий аутентификации личности по голосовому сигналу становится ясным, что все они имеют свои существенные недостатки, но можно выделить два метода которые имеют потенциал для более глубокого изучения и совершенствования.

Приоритетными характеристиками НММ можно считать следующие из них:

- используемая для анализа математическая структура отличается своей простотой;
- модель имеет возможность выстраивать сложную цепь последовательных наблюдений;
- параметры, которые положены в основу описания совокупности данных, могут подбираться автоматически.

Рядом преимуществ также обладает SVM алгоритм. К таким преимуществам относятся:

- гарантированным является получение единственного решения поставленной задачи, что отличает в лучшую сторону данный алгоритм от нейронных сетей, в которых может иметь место множество решений или ответ может быть не определен вообще;

– алгоритм успешно справляется с излишними шумами и помехами, которые имеются во входном сигнале, что повышает распознаваемость речи;

– в рамках алгоритма имеется возможность обработки данных больших размеров, что необходимо при распознавании речи [11].

Данные методы возможно успешно использовать для построения современных безопасных систем голосовой аутентификации [12] и интегрировать как составляющую биометрической системы аутентификации в глобальную информационную инфраструктуру. Разработка новых алгоритмов и методов идентификации голосового сигнала по индивидуальным артикуляционным особенностям диктора без выше-названных недостатков представляет собой актуальную задачу.

### Список литературы

1. Мешков А.Ю., Новиков О.О. Алгоритмы анализа голосовых сигналов человека для задачи идентификации и диагностики физического состояния: сборник статей участников тридцать шестой международной научно-практической конференции «Инновационный потенциал мировой науки XXI века». Том 2. Естественные и точные науки (29.12.2018 – 05.01.2019). С. 26–28.
2. Файзулаева О.Н., Невлюдов И.Ш. Пути улучшения качества речевого сигнала пользователя систем голосовой аутентификации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 2 (90). С. 118–123.
3. Кравченко А.П., Крамарь Н.М., Морозов И.В. Автоматизированная компьютерная система голосового управления автомобилем // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. 2019. Вып. 25. С. 46.
4. Ляшенко Е., Астраханцев А.А. Исследование эффективности методов биометрической аутентификации // Системы обработки информации. 2017. № 2 (148). С. 112.
5. Levinson Stephen C. Mathematical models for speech technology. University of Illinois at Urbana-Champaign. Wiley – 2005. P. 19–20.
6. Заковряшин А.С., Малинин П.В., Лепендин А.А. Применение распределений мелкочастотных кепстральных коэффициентов для голосовой идентификации личности // Известия АлтГУ. 2014. № 1 (81). С. 159.
7. Matsui T., Furui S. Comparison of text-independent speaker recognition methods using VQ-distortion and discrete. Proc. ICSLP. 1992. P. 158.
8. Сорокин В.Н., Цыплихин А.И. Верификация диктора по спектрально-временным параметрам речевого сигнала // Информационные процессы. 2010. Вып. 10. № 2. С. 90.
9. Васильев Р.А. Исследование особенностей фонетического строя речи и идентификация дикторов по голосу // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. 2012. № 8–9. С. 19–22.
10. Фролов А.А. Алгоритм текстонезависимой идентификации человека по голосу // Известия ВолгГТУ. 2013. № 14 (117). С. 64.
11. Иванов И.И. Анализ метода мел-частотных кепстральных коэффициентов применительно к процедуре голосовой аутентификации // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10–1. С. 107–108.
12. Берштейн С.И., Колокольцев Н.К., Ермолаева В.В. Голосовая аутентификация // Молодой ученый. 2018. № 25 (211). С. 93–94.

УДК 004.9:378:796

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШАБЛОНОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ В ПРАКТИКЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

<sup>1</sup>Ржавин В.В., <sup>1</sup>Обломов И.А., <sup>2</sup>Фадеева К.Н.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары,  
e-mail: grzhavv@gmail.com, ra4yes@rambler.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева»,  
Чебоксары, e-mail: fadeevakn@mail.ru

Актуальность данной статьи обусловлена необходимостью анализа ошибочных решений при проектировании баз данных на концептуальном и логическом этапе. Проектирование схем реляционных баз данных является одним из наиболее важных и ответственных этапов в процессе разработки информационных систем, систем автоматизированного управления и других компьютерных систем, информационная поддержка которых основана на использовании баз данных. В статье рассмотрен личный опыт проектирования реляционных баз данных в практике высшей школы и сделан анализ типичных ошибок студентов. Проектирование реляционных баз данных часто вызывает серьезные затруднения у начинающих проектировщиков. На основании опыта зарубежных и отечественных авторов была разработана система шаблонов, охватывающая различные аспекты проектирования и включающая в себя имя, краткое описание решаемой шаблоном проблемы, типичные ошибки, решение проблемы. Внедрение описанных шаблонов в учебный процесс показало их эффективность. Разработка шаблонов проектирования реляционных баз данных и дальнейшее их применение при реализации курсового проекта позволяет обучающимся высшей школы избежать типичных ошибок, а преподавателям ускорить проверку студенческих работ и избавиться от излишних разъяснений.

**Ключевые слова:** реляционные базы данных, проектирование баз данных, паттерны проектирования, проблемы и ошибки проектирования баз данных

## USING RELATIONAL DATABASE DESIGN TEMPLATES IN THE PRACTICE OF HIGHER EDUCATION

<sup>1</sup>Rzhavin V.V., <sup>1</sup>Oblomov I.A., <sup>2</sup>Fadeeva K.N.

<sup>1</sup>I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, e-mail: grzhavv@gmail.com, ra4yes@rambler.ru;

<sup>2</sup>I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: fadeevakn@mail.ru

The relevance of this article is due to the need to analyze erroneous decisions when designing databases at the conceptual and logical stage. The design of relational database schemas is one of the most important and responsible stages in the development of information systems, automated control systems and other computer systems, the information support of which is based on the use of databases. The article examines the personal experience of designing relational databases in the practice of higher education and analyzes typical mistakes of students. Relational database design often causes serious difficulties for novice designers. Based on the experience of foreign and domestic authors, a template system was developed that covers various aspects of design, and includes a name, a brief description of the problem solved by the template, typical errors, and a solution to the problem. The implementation of the described templates in the educational process has shown their effectiveness. The development of relational database design templates and their further application in the implementation of the course project allows higher school students to avoid typical mistakes, and teachers to speed up the verification of student papers and get rid of unnecessary explanations.

**Keywords:** relational databases, database design, design patterns, problems and errors in database design

Благодаря информатизации образования преподавателям предоставляются возможности для внедрения в образовательный процесс новых методик, которые направлены на качественную организацию самостоятельной работы студентов при курсовом проектировании, в рамках которого необходимо разработать информационную систему [1]. В основе проектирования баз данных лежит требование адекватности базы данных предметной области. Адекватность предполагает, что модель данных без искажений передает взаимосвязи информации в той части реального мира, которая подлежит информатизации. Причем совершенно ясно, что речь может идти только об опреде-

ленном подмножестве как информации, так и информационных связей, которые необходимы для решения поставленной задачи [2].

Цель исследования – описать созданные нами по аналогии с шаблонами при объектно-ориентированном проектировании программ шаблоны проектирования реляционных баз данных. Ни в коей мере не претендуя на полноту, они объединяют в себе как личный, так и общественный опыт проектирования реляционных баз данных, а также анализ типичных ошибок студентов в ходе выполнения курсового проекта и возникающих при этом проблем.

Актуальность настоящего исследования обусловлена фиксацией ошибочных реше-

ний в ходе проверки студенческих работ, которые повторялись от студента к студенту, причем как на этапе концептуального, так и логического проектирования. Это послужило основной причиной для формирования набора готовых схем-решений, которые помогли бы как студенту, так и преподавателю, первому – избежать типичных ошибок, второму – ускорить проверку студенческих работ и избавиться от излишних разъяснений.

### Материалы и методы исследования

Разработке подходов и алгоритмов проектирования реляционных баз данных, а также всем аспектам данных процессов посвящено достаточно большое количество работ. Основные теоретические положения данного направления были заложены в 1970–1980-е гг. Наиболее известными авторами данной тематики являются Т. Коннолли, К. Бегг, Б. Карвин, Э. Кодд, К. Дейт, Д. Мейер, Х. Дарвен, В.В. Бойко, Д.В. Гмарь и др. [2]. В работе использована совокупность концепций, методов и приемов, основанных на математическом аппарате реляционной алгебры, направленных на получение качественной схемы реляционной базы данных.

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате обобщения опыта зарубежных и отечественных авторов [3–5] была разработана система шаблонов, охватывающая различные аспекты проектирования:

1. Шаблон «Суперкласс – Подкласс».
2. Шаблон «Объект–Атрибут–Значение».
3. Шаблон «Полиморфные ассоциации».
4. Шаблоны 1:М:
  - a. Шаблон «Заказ»;
  - b. Шаблон «Экземпляр»;
  - c. Шаблон «Группа»;
  - d. Шаблон «Работа».
5. Шаблоны истории изменений объектов:
  - a. Шаблон «График работы»;
  - b. Шаблон «Прейскурант».
6. Шаблоны реализации древовидных структур:
  - a. Шаблон «Ссылка на предка»;
  - b. Шаблон «Транзитивное замыкание»;
  - c. Шаблон «Каталог».
7. Шаблоны реализации справочников.
8. Шаблон «Константа».

Приведенные шаблоны разработки строятся по одной схеме и включают в себя:

- имя;
- краткое описание решаемой шаблонной проблемы;
- типичная ошибка;
- решение проблемы.

Ниже при описании шаблонов говорится об ошибках проектирования. Необходимо уточнить, что понимается под ошибками. Это не фатальная ошибка, которая исключает возможность использования баз данных. Чаще всего это решение, которое ведет к неэффективной работе по обработке данных, то есть затрудняет обработку данных и создает проблемы. Поэтому иногда говорят не об ошибках, а об антипаттернах, антишаблонах. То есть о шаблонах, которые используют, но их не всегда можно рекомендовать [6].

Для иллюстрации разработанных паттернов ниже рассматриваются шаблоны «Суперкласс – Подкласс» и «Объект – Атрибут – Значение».

#### Шаблон «Суперкласс – подкласс»

**Описание проблемы.** В обычной таблице все строки представляют экземпляры сходных объектов. Разные же наборы атрибутов представляют разные типы объектов, так что они принадлежат разным таблицам. Тем не менее в современных моделях программирования разные типы объектов могут быть связаны друг с другом путем расширения одного и того же базового типа. В объектно-ориентированном проектировании эти объекты считаются экземплярами одного базового типа, а также экземплярами их соответствующих подтипов. Чтобы упростить сравнения и расчеты по нескольким объектам, желательно было бы хранить такие объекты разных типов в виде строк в одной таблице БД. Также необходимо хранить их индивидуальные атрибуты, отсутствующие в базовом типе.

Рассмотрим следующий пример. Пусть есть система отслеживания программных ошибок (Bug Tracking System – BTS). При тестировании программного продукта тестировщик записывает в базу данных этой системы свои комментарии [7]. Комментарии могут касаться проблем (Issue) двух типов:

1. *Bug* – баг, ошибка, т.е. расхождение между фактическим и ожидаемым результатом.

2. *Feature Request* – запрос об улучшении, запрос новой функциональности.

Каждая тема для обсуждения (*Bug* или *Feature Request*) может иметь несколько комментариев от одного или разных заинтересованных лиц (авторов) [8].

Данные комментарии имеют как общие атрибуты, так и индивидуальные. На рис. 1 приведена диаграмма классов, где класс **Проблема** содержит общие атрибуты, наследуемые классами **Ошибка** и **Функция**. Как видно из рисунка, подклассы содержат и собственные атрибуты.

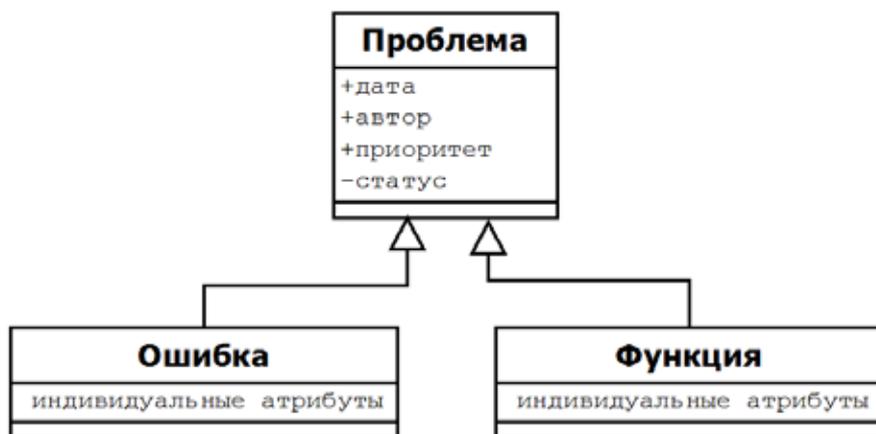


Рис. 1. Суперкласс и подклассы

Как отобразить структуру классов приложения в структуру баз данных? Проблема проектирования БД состоит в том, что к одной записи «Проблема» надо привязать записи с отличающимися атрибутами.

**Типичная ошибка.** Решение «в лоб» предполагает размещение в одной таблице всех атрибутов с использованием NULL значений. Как показано ниже, это не лучшее решение. Также можно использовать шаблон EAV (Сущность – Атрибут – Значение) [6].

**Решение.** Решение данной задачи с использованием классического подхода (в отличие от EAV) позволит моделировать данные более легко и с большей гарантией целостности данных.

Решение состоит в моделировании подтипов. Существует несколько способов хранения таких данных:

1. Наследование одиночной таблицы.
2. Наследование конкретной таблицы.
3. Наследование таблицы классов.
4. Слабоструктурированные данные.

Большинство решений работает лучше всего тогда, когда существует конечное число подтипов и известен атрибут каждого подтипа. Какое решение будет оптимальным для применения, зависит от того, как предполагается запрашивать данные, поэтому решение о структуре следует принимать по каждому конкретному случаю.

**Наследование одиночной таблицы**

Это самая простая структура, обеспечивающая хранение всех связанных атрибутов в одной таблице с отдельными столбцами для каждого атрибута, существующего в каком-либо типе. Один атрибут отводится для определения подтипа заданной строки. В примере этому атрибуту присвоено имя Тип проблемы (рис. 2).

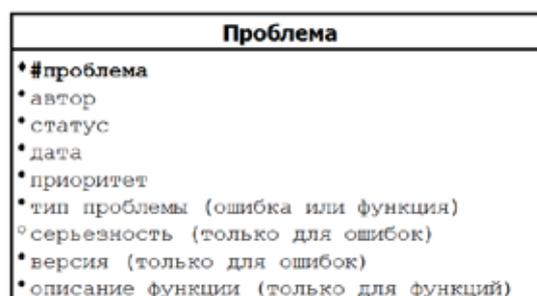


Рис. 2. Атрибуты таблицы «Проблема»

Некоторые атрибуты являются общими для всех подтипов. Многие атрибуты зависят от подтипов, и этим столбцам должны присваиваться значения NULL во всех строках, хранящих объекты, к которым не применяется этот атрибут. При данном способе хранения в приложении придётся вручную отслеживать, какие атрибуты применимы для каждого подтипа. Обратите внимание на столбец дискриминатора «тип проблемы», который содержит значение, определяющее, какому классу принадлежит каждая запись.

**Наследование конкретной таблицы**

Другое решение заключается в создании отдельной таблицы для каждого подтипа. Общая таблица не создается. При этом во всех таблицах содержатся одни и те же атрибуты, которые являются общими для базового типа, а также соответствующий атрибут для подтипа.

Преимущество данного подхода по сравнению с подходом *Наследование одиночной таблицы* заключается в том, что индивидуальные атрибуты разнесены по разным таблицам, и потому отсутствует необходимость в дополнительном атрибуте для определения подтипа в каждой из та-

блиц. Однако при этом трудно отличить общие атрибуты от атрибутов, характерных для подтипов. К тому же, если добавить новый атрибут в набор общих атрибутов, необходимо изменить все таблицы подтипов.

Когда требуется найти все объекты независимо от их типов, задача усложняется, если каждый подтип хранится в отдельной таблице [9]. Для этого придется объединить в запросе таблицы, отфильтровав только общие атрибуты.

Структура *Наследование конкретной таблицы* оптимальна в том случае, когда редко возникает необходимость в запросе одновременно всех типов.

#### **Наследование таблицы классов**

Третье решение имитирует наследование примерно так, как если бы таблицы были объектно-ориентированными классами. Сначала создается одна таблица для базового типа, содержащая атрибуты, общие для всех подтипов. Затем для каждого подтипа создается еще одна таблица с первичным ключом, который служит также в качестве внешнего ключа для базовой таблицы. Такой подход известен под именем *Суперкласс – Подкласс*.

#### **Шаблон «Объект–Атрибут–Значение»**

Вокруг этого шаблона сломано немало копий. Некоторые авторы (Б. Карвин, Т. Коннолли, К. Бегг) относят его даже к антишаблону, и для этого есть серьезные основания.

**Описание проблемы.** Использование этого шаблона касается двух проблем:

1. Разный состав атрибутов для объектов одной сущности (выше эта проблема обозначена как «Суперкласс – подкласс»).

2. Изменяющийся во времени состав атрибутов (динамические атрибуты).

Если первая проблема имеет классическое решение в виде шаблона «Суперкласс – подкласс», то вторая требует иного подхода.

При разработке программных систем часто стремятся добиться расширяемости. Такое программное обеспечение должно адаптироваться к будущим потребностям с минимальным перепрограммированием или вовсе без дополнительных трудозатрат.

Каждый объект имеет свой набор атрибутов. Количество таких атрибутов не всегда устойчиво и может меняться со временем. Достаточно часто заранее бывает трудно определить, какие из атрибутов будут использоваться в проектируемой базе данных. Добавление новых атрибутов влечет за собой изменение структуры базы данных, что приведет к необходимости вводить изменения в транзакции, приложения, формы, отчеты. В этих условиях иногда допустимо использовать шаблон «Объект – Атрибут – Значение».

**Типичная ошибка.** Применение самого шаблона в данном случае неоднозначно, поэтому правильней говорить об оценке игнорирования указанных выше двух проблем и размещении всех атрибутов в одной таблице со всеми вытекающими отсюда последствиями.

**Решение.** Создание дополнительной таблицы, где атрибуты хранятся в виде строк. Каждая строка в такой таблице атрибутов содержит три столбца: **Entity** (Объект), **Attribute** (Атрибут), **Value** (Значение).

Данная структура называется «Entity – Attribute – Value», или сокращенно EAV. EAV также известна как *вертикальная модель базы данных и открытая схема*.

Получается универсальная структура, позволяющая описать и сохранять объекты с отличающимися схемами атрибутов. Однако за универсальность придется платить усложнением обработки.

Добавление таблицы АТРИБУТ позволяет получить такие преимущества: для поддержки новых атрибутов число столбцов не увеличивается; исключается хаос столбцов, содержащих NULL в столбцах, где этот атрибут неприменим.

Ниже приведена таблица (АТРИБУТ) с описанием ошибки, идентифицируемой по значению 1234 её первичного ключа.

Объект	Атрибут	Значение
1234	Тип проблемы	Ошибка
1234	Дата	12.11.15
1234	Статус	Новая
1234	Приоритет	Высокий
1234	Краткое описание	Сохранение не работает
1234	Автор	Сомов М.
1234	Серьёзность ошибки	Потеря функциональности
1234	Номер версии тестируемой программы	1.2

Все атрибуты объекта (в данном случае объекта 1234), как общие, так и частные, описаны в единой таблице. Как видно, структура получилась достаточно простой. Однако простота структуры БД не компенсирует усложнение работы с ней.

Когда атрибут объекта становится столбцом в таблице, мы описываем его имя, тип данных, размер, формат и прочее. Атрибут становится элементом метаданных. А это значит – контроль над ним со стороны системы управления базами данных. В модели EAV мы теряем этот контроль, то есть возможность декларативной поддержки кор-

ректности данных. Кроме того, значением атрибута будет являться только строковый тип, а это значит, что придется преобразовывать типы. Помимо этого, у нас могут появиться повторы для названий атрибутов.

В модели EAV невозможно создание обязательных атрибутов. В обычной структуре базы данных для создания обязательных атрибутов достаточно установить обязательный столбец, объявив его как NOT NULL. В EAV-структуре это сделать невозможно, потому что каждому атрибуту соответствует не столбец, а строка в таблице. Тогда для проверки существования значения обязательного атрибута необходима проверка существования строки с именем этого атрибута со значением в столбце *Значение*. Средства SQL такое ограничение не поддерживают. Поэтому необходимо написать приложение для принудительного ввода ограничения.

При использовании данного шаблона придется пожертвовать слишком многими функциями, которые признаны сильными сторонами реляционной парадигмы. Поэтому использование EAV ограничено и допустимо для поддержки динамических атрибутов в некоторых программах.

Что дает применение данного шаблона? На первый взгляд, кажется, что мы здесь скорее проиграли, чем выиграли. Действительно, вместо одной таблицы мы получили три. Но выигрыш станет заметен, как только мы захотим изменить состав атрибутов объекта. Например, добавить цвет фона, количество скоростей и пр. Действительно, при стандартном подходе нам придется менять структуру данных, в предлагаемом же варианте следует лишь добавить записи в таблицу Параметр. Это и есть главное достоинство такого шаблона.

EAV находит применение благодаря высокой масштабируемости, которую не способна дать обычная нормализованная структура базы данных. Разработчики могут добавлять новые атрибуты к любой сущности (товару, категории, покупателю, заказу и пр.) без каких-либо модификаций структуры базы данных [10].

В целом же применение EAV в реляционной базе данных не всегда можно оправдать. Если есть необходимость в управлении нереляционными данными, возможным решением будет использование нереляционной технологии (MongoDB, Redis). Недостатки подхода EAV в реляционной базе данных характерны и для альтернативных

подходов [4]. Когда метаданные изменчивы, трудно формулировать простые запросы. Приложения тратят немало времени на раскрытие структуры данных и их адаптацию под обнаруженные структуры.

Чтобы принять грамотное решение об использовании данного шаблона, необходимо четко представлять все преимущества и недостатки данного подхода.

### Заключение

Разработанные шаблоны покрывают почти все потребности студентов при курсовом проектировании. Ограничения на объем статьи не позволяют описать все шаблоны, но мы полагаем, что смогли дать представление о возможностях шаблонов в проектировании реляционных баз данных. Опыт применения таких шаблонов показал эффективность их использования в учебной практике.

### Список литературы

1. Кара-Ушанов В.Ю. SQL – язык реляционных баз данных: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 156 с.
2. Баранчиков А.И. Методы и модели синтеза информационных структур хранения на основе результатов извлечения закономерностей в актуальных данных предметных областей: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.17 Теоретические основы информатики. Москва, 2014. 395 с.
3. Эмбер С.В., Садаладж П.Д. Рефакторинг баз данных: эволюционное проектирование / пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. 672 с.
4. Гмарь Д.В., Игнатова Ю.А., Цуранов Э.В., Шахгельдян К.И. Методы работы с вертикальной моделью данных // Информационные технологии и вычислительные системы. 2015. № 2. С. 1–28.
5. Карвин Б. Программирование баз данных SQL. Типичные ошибки и их устранение / Пер. с англ.: учебное пособие. М.: Изд. Рид Групп, 2012. 336 с.
6. Ржавин В.В. Шаблоны проектирования реляционных баз данных // Состояние и перспективы развития ИТ-образования: сб. докл. и науч. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. С. 217–221.
7. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных: проектирование, реализация, сопровождение. Теория и практика. 3-е изд.: пер. с англ.: учебное пособие. М.: Изд. Дом «Вильямс», 2017. 1440 с.
8. Ржавин В.В. Шаблон проектирования «Суперкласс-подкласс» реляционных баз данных. Информатика и вычислительная техника: сб. науч. тр. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. С. 214–220.
9. Структура наследования – ~Разное. :: CodingRUS :: программирование по-русски на Delphi, C++, PHP, Prolog, GPSS. URL: [http://codingrus.ru/readarticle.php?article\\_id=5191](http://codingrus.ru/readarticle.php?article_id=5191) (дата обращения: 12.10.2022).
10. Андреева К.Ю. Построение баз данных на основе EAV-технологий // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5–2 (16–2). С. 154–157. DOI: 10.12737/15994.

УДК 658

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕЗОСИСТЕМ В РОССИИ

Шинкевич А.И., Галимулина Ф.Ф., Иванова Л.Н.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,  
Казань, e-mail: ashinkevich@mail.ru, 080502e\_m@mail.ru, ivanova2314372@mail.ru

Настоящее научное исследование освещает проблематику реализации циркулярной модели восстановления ресурсов (повторного использования ресурсов) в российских условиях на мезоуровне. В качестве цели исследования обозначена оценка бизнес-модели восстановления ресурсов на примере оборотного использования водных ресурсов в разрезе мезосистем. Методами исследования послужили измерение, экономико-математическое моделирование, компаративный анализ и графический метод. Представлен контент-анализ научных трудов, посвященных исследованию реализации принципов циркулярной экономики в промышленности; предложена и апробирована методика оценки оборотного использования водных ресурсов на мезоуровне; выявлены закономерности перехода российских мезосистем к бизнес-модели восстановления ресурсов и закономерности структурной трансформации отечественной промышленности в условиях замыкания ресурсных циклов. Новизна результатов исследования состоит в разработке методического подхода к оценке циркулярной модели восстановления ресурсов в промышленности России, обеспечивающего объективность выводов об уровне перехода мезосистем к реализации принципа замыкания ресурсных циклов. Сформулированные выводы о неравномерности развития промышленных мезосистем в России в условиях реализации циркулярной модели восстановления ресурсов могут быть приняты во внимание при формировании и реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», в рамках регулирования развития промышленности на уровне мезосистем и муниципалитетов путем приоритизации государственной поддержки модернизации промышленных систем, относящихся к четвертому типу (согласно авторской типологии).

**Ключевые слова:** циркулярная модель, восстановление ресурсов, замыкание ресурсных циклов, водные ресурсы, промышленная мезосистема, кластерный анализ

## IMPLEMENTATION OF A CIRCULAR MODEL FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL MESOSYSTEMS IN RUSSIA

Shinkevich A.I., Galimulina F.F., Ivanova L.N.

Kazan National Research Technological University, Kazan,  
e-mail: ashinkevich@mail.ru, 080502e\_m@mail.ru, ivanova2314372@mail.ru

This scientific study highlights the problems of implementing a circular model of resource recovery (reuse of resources) in Russian conditions at the meso-level. The purpose of the study is to evaluate the business model of resource recovery on the example of the recycling of water resources in the context of mesosystems. The research methods were measurement, economic and mathematical modeling, comparative analysis and graphical method. The content analysis of scientific papers devoted to the study of the implementation of the principles of circular economy in industry is presented; a methodology for assessing the recycling use of water resources at the meso-level is proposed and tested; patterns of transition of Russian mesosystems to a business model of resource recovery and patterns of structural transformation of domestic industry in the conditions of closure of resource cycles are revealed. The novelty of the research results consists in the development of a methodological approach to the assessment of the circular model of resource recovery in the Russian industry, which ensures the objectivity of conclusions about the level of transition of mesosystems to the implementation of the principle of closure of resource cycles. The formulated conclusions about the uneven development of industrial mesosystems in Russia in the context of the implementation of the circular model of resource recovery can be taken into account when forming and implementing the federal project "Closed-loop Economy", within the framework of regulating the development of industry at the level of mesosystems and municipalities by prioritizing state support for the modernization of industrial systems belonging to the fourth type (according to the author's typology).

**Keywords:** circular model, resource recovery, closure of resource cycles, water resources, industrial mesosystem, cluster analysis

Принципы циркулярной экономики прочно закрепляются в функционировании промышленных систем. В текущем году ожидается утверждение четырех программ в рамках реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» и национального проекта «Экология». К числу отмеченных четырех программ относятся мероприятия по переработке отходов и альтернативные виды топлива в промышленных производствах. Данный факт подчеркивает актуальность исследуемой

проблематики и определяет значимость исследования моделей развития промышленных систем в актуальных условиях.

Принимая во внимание приоритетность принципов устойчивого развития, можно считать закономерной широкую освещенность вопросов защиты окружающей среды, экономии природных ресурсов и оборотного использования в научной литературе. К числу работ, содержащих научно значимые положения в области экономики замкнутого цикла, следует отнести

труды Д.О. Скобелева [1], который уточняет понятийный аппарат циркулярной экономики и исследует ее во взаимосвязи с категориями ресурсоэффективности и наилучших доступных технологий; Н.Ю. Титовой [2], предлагающей систему оценки условий реализации принципов экономики замкнутого цикла в промышленности; А.М. Кряжева, Т.В. Гусевой и др. [3], в научной работе которых принципы циркулярной экономики исследованы в контексте устойчивого развития целлюлозно-бумажного производства; М.А. Ветровой и Д.В. Ивановой, в исследовании которых систематизированы условия, элементы, возможности и угрозы становления экономики замкнутого цикла, а также освещены две модели потребления первичного и вторичного использования [4].

Широко распространенной является классификация бизнес-моделей циркулярной экономики, представленная консалтинговой компанией Accenture: циркулярные поставки, восстановление ресурсов, продление срока службы изделия, платформы для совместного использования, продукт как услуга [5] – а также раскрытая на примерах в исследованиях М.А. Гурьевой [6], Н.В. Пахомовой, К.К. Рихтера и М.А. Ветровой [7] и др.

Особенно актуальным и крайне чувствительным для общества вопросом является защита водных объектов, рациональное использование водных ресурсов, чему уделяется внимание при реализации Цели 6 устойчивого развития «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех» и Цели 12 «Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства». В связи с отмеченным важна оценка перехода отечественной промышленности к бизнес-модели восстановления ресурсов.

Контент-анализ опубликованных научных трудов, посвященных исследованию реализации принципов циркулярной экономики в промышленности, позволяет резюмировать слабую освещенность оценки эффективности реализации моделей развития промышленных систем в условиях экономики замкнутого цикла. В связи с этим определены цель и задачи настоящего научного исследования.

Цель исследования заключается в оценке бизнес-модели восстановления ресурсов на примере оборотного использования водных ресурсов в разрезе мезосистем, что определило формулирование следующих задач:

– предложить и апробировать методику оценки оборотного использования водных ресурсов на мезоуровне;

– оценить динамику перехода российских мезосистем к бизнес-модели восстановления ресурсов;

– выявить закономерности структурной трансформации отечественной промышленности в условиях замыкания ресурсных циклов.

### Материалы и методы исследования

Результаты исследования получены на основе применения следующих методов:

– измерение – обеспечивает возможность оценки показателей рациональной организации использования ресурсов;

– экономико-математическое моделирование, а именно – кластерный анализ, который с учетом ряда критериев позволяет классифицировать объекты наблюдения на заданное число кластеров и сравнивать структуру в динамике, что служит основой для выявления закономерностей развития промышленности на мезоуровне;

– компаративный анализ, позволяющий сравнивать позиции мезосистем между собой и в динамике;

– графический метод – обеспечивает наглядность результатов исследования.

### Результаты исследования и их обсуждение

В качестве объекта исследования рассмотрены мезосистемы. Предметом исследования послужила система оборотного водоснабжения, применяемая в разных субъектах Российской Федерации, в связи с чем такая циркулярная бизнес-модель, как «повторное использование ресурсов», оценена в разрезе мезосистем. Ключевыми параметрами оценки послужили два показателя, опубликованных на сайте Росстата и наблюдаемых за период с 2005 по 2020 г. [8]:

– объем оборотной и последовательно используемой воды (млн куб. м);

– использование свежей воды (млн куб. м).

На первом этапе в целях выявления динамики и качественного перехода к экономике замкнутого цикла рассчитан коэффициент, отражающий отношение объема оборотной воды к использованию свежей воды в мезосистемах, а также абсолютное изменение коэффициента за 15 лет. На рис. 1 представлена динамика показателя по крупным промышленным мезосистемам (через призму обрабатывающих производств). Среди промышленных мезосистем в контексте повторного использования водных ресурсов лидирует Свердловская область, линия тренда – восходящая; на втором месте – Республика Татарстан с нестабильной динамикой показателя; на третьем месте Республика Башкортостан с более ровной динамикой развития.

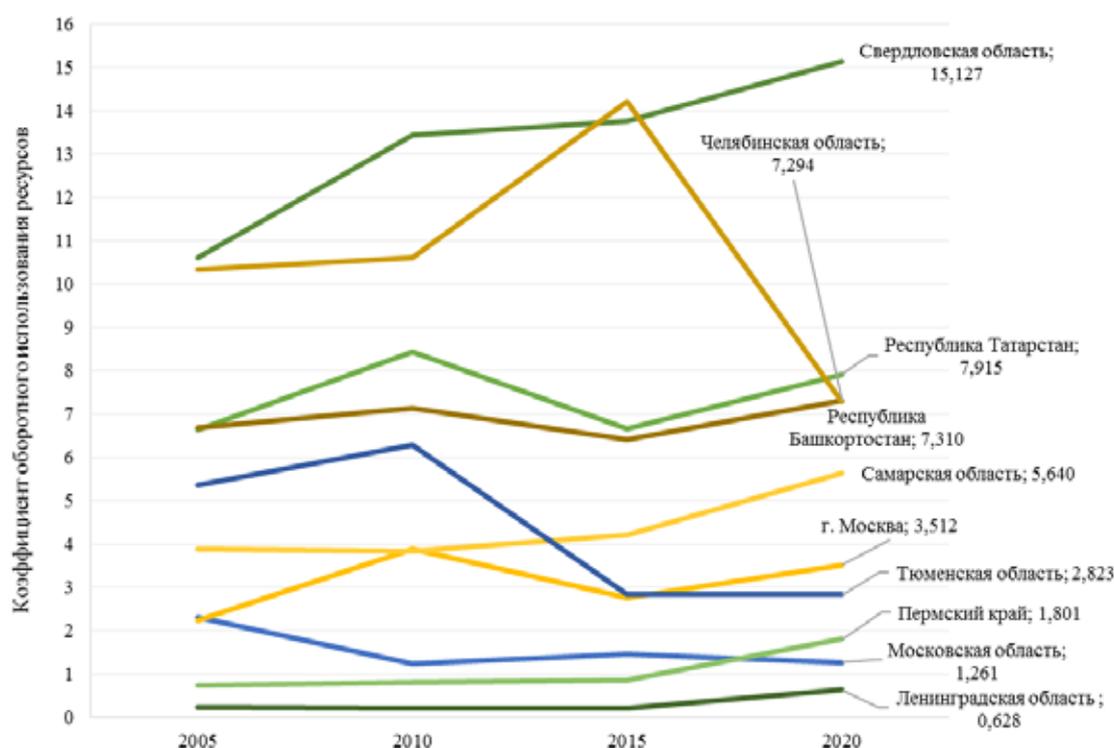


Рис. 1. Динамика коэффициента оборотного использования водных ресурсов по крупным промышленным мезосистемам (рассчитано авторами по данным Росстата [8])

Также стабильный рост демонстрируют Самарская область и Пермский край. Нисходящий тренд наблюдается по Челябинской (существенное сокращение показателя за 2015–2020 гг.) и Тюменской (существенное сокращение показателя за 2010–2025 гг.) областям.

На рис. 2 отражено изменение показателя за 2005–2020 гг. По итогам 2020 г. высокое значение коэффициента (выше, чем 10/1) зафиксировано в таких мезосистемах, как Воронежская область (12,9; объект 4), Курская область (28,2; объект 8), Липецкая область (14,0; объект 9), Орловская область (23,3; объект 11), Смоленская область (36,6; объект 13), Вологодская область (22,1; объект 22), Новгородская область (10,6; объект 26), Саратовская область (14,3; объект 52), Свердловская область (15,1; объект 55), Амурская область (25,7; объект 74), в то время как в целом по России показатель составил 3,0. Преобладание использования свежей воды над оборотными технологиями отмечается в 19 мезосистемах – коэффициент ниже 1. Это Брянская область (0,3; объект 2), Костромская область (0,5; объект 7), Ленинградская область (0,6; объект 24) и др.

В среднем по России выявлена положительная динамика перехода к оборотному использованию водных ресурсов, коэффициент увеличился на 0,794 пункта (рис. 2, пунктирная линия). Наибольшее изменение демонстрируют Орловская область (+20,4 пункта; объект 11), Амурская область (+17,9 пункта; объект 74) и Вологодская область (+16,3 пункта; объект 22). В то же время в 19 исследуемых мезосистемах, несмотря на преобладание замыкания водных ресурсов в производственных циклах, наблюдается отрицательный тренд: Московская область (-1,0 пункта; объект 10), Рязанская область (-4,8; объект 12), Республика Мордовия (-0,3; объект 42) и др.

На втором этапе исследования осуществлена динамическая классификация мезосистем в условиях тиражирования опыта перехода к циркулярной модели организации промышленных систем. Ключевым инструментом послужил кластерный анализ. Входными переменными послужили показатели:

- объем оборотной и последовательно используемой воды (млн куб. м),  $x_1$ ;
- коэффициент оборотного использования водных ресурсов,  $x_2$ .

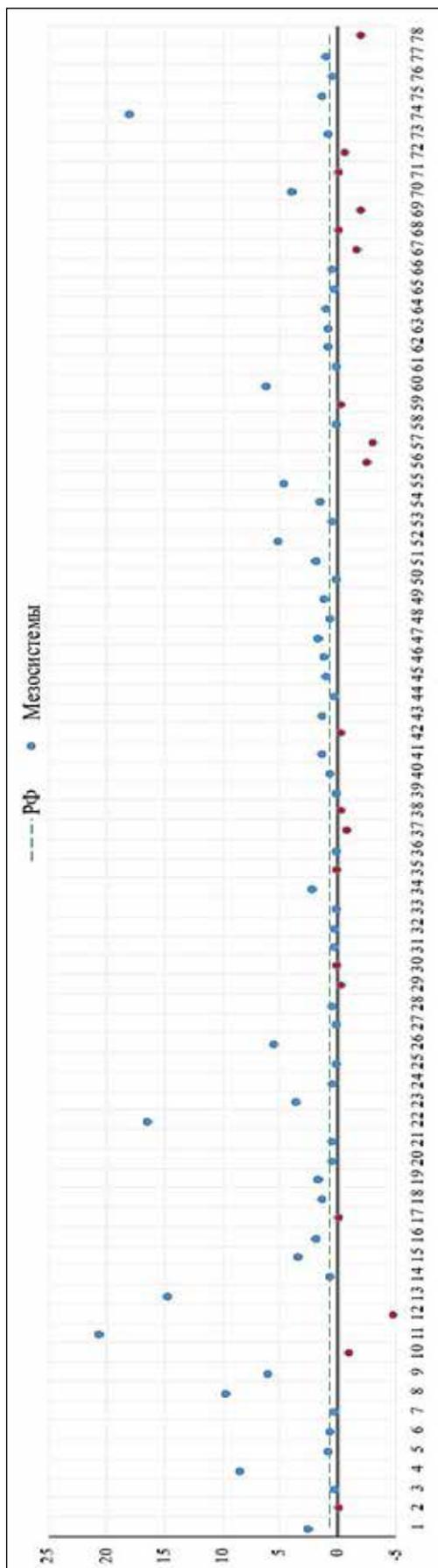


Рис. 2. Динамика перехода мезосистем к циркулярной модели за 2005–2020 гг. (рассчитано авторами по данным Росстата [8])

Описательные статистики для кластеров мезосистем по уровню повторного использования водных ресурсов

Типы мезосистем	2005		2010		2015		2020	
	$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_2$
Тип 1	10 160	8,77	11 327	10,11	8 607	10,18	6 086	12,12
Тип 2	5 174	8,95	4 523	8,03	4 283	9,2	2 232	5,99
Тип 3	2 286	3,53	1 388	3,53	1 550	4,54	1 035	4,69
Тип 4	457	2,07	208	1,86	321	2,23	183	1,94
Число объектов наблюдения								
Тип 1	3		3		5		14	
Тип 2	8		14		12		13	
Тип 3	18		26		20		20	
Тип 4	49		35		41		31	

Позиции мезосистем в условиях перехода к экономике замкнутого цикла оценены по состоянию на 2005, 2010, 2015 и 2020 гг. В силу массивного объема наблюдений методом *k*-средних число кластеров обозначено равным 4. Дисперсионный анализ во всех четырех случаях (за 4 периода) позволяет судить о существенном вкладе двух критериев в выделение кластеров, уровень *p*-значимости менее 0,05 во всех случаях.

Выявлена реструктуризация кластеров в динамике, что подтверждает структурную трансформацию, протекающую в национальной экономике. В таблице представлены описательные статистики для кластеров в разные периоды. Первый тип – это преимущественно мезосистемы с высоким уровнем потребления оборотной воды и высоким уровнем перехода к повторному использованию водных ресурсов, прогрессивные промышленные мезосистемы; второй тип – это промышленные мезосистемы с заметным уровнем перехода к бизнес-модели восстановления ресурсов; третий тип – с умеренным уровнем перехода (за исключением наблюдений 2015 г.); четвертый тип – с низким уровнем перехода. В динамике наблюдается рост коэффициента оборотного использования водных ресурсов. Так, для первого типа мезосистем рост показателя составил 3,35 пункта, что оценивается как позитивный тренд.

Применение форматирования ячеек (серая заливка) связано с обозначением типа мезосистем, к числу которых отнесена Республика Татарстан. По итогам 2005, 2010 и 2015 гг. к первому типу мезосистем отнесены Свердловская, Тюменская и Челябинская области, поскольку в данных регионах объем использования оборотной воды был заметно выше остальных объектов наблюдения (в 2005 г.: 12488 млн куб. м, 9763 млн куб. м и 8229 млн куб. м соответственно [8]). Существенное изменение позиций демонстрируют, к примеру, Воронежская, Тверская, Вологодская области и др. (переход из кластера 3 в 2005 г. в кластер 1 в 2020 г.), Амурская область (переход из кластера 4 в кластер 2) и т.д.

Также по данным таблицы наблюдаем структурное выравнивание кластеров: если в 2005 г. превалировало число мезосистем четвертого типа, то в 2020 г. зафиксировано более равномерное распределение объектов наблюдения, что следует расценивать как позитивную закономерность в условиях устойчивого развития промышленности. Вместе с тем на основе анализа описательных статистик необходимо констатировать:

- увеличение асимметрии коэффициента оборотного использования водных ресурсов (с 2,41 в 2005 до 2,56 в 2020 г.);
- увеличение размаха показателя (с 22 до 36,56);
- увеличение стандартного отклонения (с 3,96 до 6,9).

### Заключение

Федеральная служба государственной статистики в качестве методической базы использует показатели объема оборотной и последовательно используемой воды и объема использования свежей воды [8]. Однако данные показатели, на наш взгляд, не отражают объективную основу для сравнительного анализа мезосистем. Данную проблему решает предложенный и проанализированный нами коэффициент оборотного использования водных ресурсов, который является относительным и позволяет, независимо от объемов промышленного производства, объективно оценить переход мезосистем к реализации принципов устойчивого развития и восстановления ресурсов.

Проведенное исследование позволяет резюмировать следующее:

- наблюдается общий позитивный тренд замыкания циклов в использовании водных ресурсов (в целом по России), о чем свидетельствует увеличение коэффициента оборотного использования водных ресурсов на 0,794 пункта, на основании чего возможно констатировать успешную реализацию циркулярной модели восстановления ресурсов;

– выявленные тенденции на мезоуровне характеризуют отечественную промышленность как асимметрично развивающуюся систему, с высокой степенью энтропии в контексте циркулярной экономики и модели повторного использования ресурсов.

Таким образом, в результате научного исследования сформулированы следующие положения:

- предложена и апробирована методика оценки оборотного использования водных ресурсов на мезоуровне, в основе которой лежит расчет коэффициента, основанный на сопоставлении объемов использования оборотной и свежей воды; авторская методика обеспечивает объективность выводов об уровне перехода мезосистем к реализации принципа замыкания ресурсных циклов;

– выявлены закономерности перехода российских мезосистем к бизнес-модели «Восстановление ресурсов», которые заключаются преимущественно в положительной динамике перехода к оборотному использованию водных ресурсов, за исклю-

чением 19 мезосистем, на регулирование развития которых следует обратить особое внимание в рамках реализации национального проекта «Экология», отраслевых и пространственных программ и стратегий развития отечественной промышленности;

– выявить закономерности структурной трансформации отечественной промышленности в условиях замыкания ресурсных циклов, проявляющиеся в структурном выравнивании кластеров (более равномерном распределении объектов наблюдения по четырем кластерам), но разнонаправленности и асимметричности развития промышленных мезосистем в России.

Тенденции развития промышленных систем в условиях замыкания ресурсных циклов, а также выводы о неравномерности развития промышленных мезосистем в России могут быть приняты во внимание при формировании и реализации федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», в рамках регулирования развития промышленности на уровне мезосистем и муниципалитетов путем приоритизации государственной поддержки модернизации промышленных систем, относящихся к четвертому типу (согласно авторской типологии).

*Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ РФ № НИШ-1886.2022.2.*

### Список литературы

1. Скобелев Д.О., Федосеев С.В. Политика повышения ресурсоэффективности и формирование экономики замкнутого цикла // Компетентность. 2021. № 3. С. 5–14. DOI: 10.24412/1993-8780-2021-3-05-14.
2. Титова Н.Ю. Условия внедрения циркулярной экономики в промышленность Российской Федерации // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2020. Т. 12. № 2. С. 29–37. DOI: 10.24866/VVSU/2073-3984/2020-2/029-037.
3. Кряжев А.М., Гусева Т.В., Тихонова И.О., Очеретенко Д.П., Алмгрен Р. Целлюлозно-бумажное производство: устойчивое развитие и формирование экономики замкнутого цикла // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 11. С. 48–53. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-11-48-53.
4. Ветрова М.А., Иванова Д.В. Циркулярные модели производства и потребления как инструмент достижения целей устойчивого развития // Russian Economic Bulletin. 2020. Т. 3. № 5. С. 44–54.
5. Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth. 2014. URL: [https://www.accenture.com/t20150523t053139\\_w\\_/us-en/\\_acnmedia/accnture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/strategy\\_6/accnture-circular-advantage-innovative-business-models-technologies-value-growth.pdf](https://www.accenture.com/t20150523t053139_w_/us-en/_acnmedia/accnture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/strategy_6/accnture-circular-advantage-innovative-business-models-technologies-value-growth.pdf) (дата обращения: 14.06.2022).
6. Гурьева М.А. Циркулярная экономика как инновационная модель развития социально-экономического пространства // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 4. С. 1295–1316. DOI: 10.18334/vinec.9.4.41236.
7. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2017. Т. 33 (2). С. 244–268. DOI: 10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. / Росстат. М., 2021. 1112 с.

УДК 004.775:659.3:332.872.4

**СИСТЕМА ИНФОРМИРОВАНИЯ ГРАЖДАН О ТАРИФАХ ЖКХ****Янченко И.В., Кокова В.И., Доронина О.А., Кириллов Д.А.***Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
Абакан, e-mail: inna-wind@mail.ru*

Одной из социальных проблем в стране является проблема жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), в частности проблема информирования граждан о тарифах на услуги. Авторами предлагается идея разработки информационной системы информирования о тарифах ЖКХ с использованием двух способов визуализации информации: первый – в текстовой форме, второй – в графической форме (карта). Графический способ визуализации информации основан на подключении сервиса Яндекс *Application Programming Interface (API)*. После ввода адреса срабатывает скрипт, который с помощью конкатенации формирует адресную строку, на основе которой происходит прямое геокодирование для получения координат центра выбранного здания. На основе координат, полученных прямым геокодированием, производится обратное геокодирование, необходимое для корректировки введенных пользователем данных с целью дальнейшей их обработки: так, например, «аскизская», «улица аскизская» «аскизская улица» и другие вариации однозначно преобразуются в «Аскизская улица», избавляя разработчиков от необходимости создания функций или процедур, обрабатывающих подобные вариации. В статье кратко представлены результаты анализа предметной области – структуры тарифов ЖКХ, а также основные модели результатов проектирования информационной системы «Тарифы ЖКХ» и пользовательский интерфейс.

**Ключевые слова:** веб-приложение, визуализация, карта, водоотведение, геокодирование, информационная система, отопление, тарифы

**THE SYSTEM OF INFORMING CITIZENS  
ABOUT HOUSING AND COMMUNAL SERVICES FEES****Yanchenko I.V., Kokova V.I., Doronina O.A., Kirillov D.A.***Khakas Technical Institute – the branch of Siberian Federal University, Abakan,  
e-mail: inna-wind@mail.ru*

One of the social problems in the country is the problem of housing and communal services, in particular the problem of informing citizens about fees for services. The authors suggest the idea of developing an information system for informing about housing and communal services fees using two ways of visualizing information: the first is textual; the second is graphical. The graphical way of visualizing information is based on the connection of the Yandex Application Programming Interface (API) service. After inputting the address, a script is activated. The script uses concatenation to form an address bar. Then, on the basis of it direct geocoding obtains the coordinates of the selected building. Based on the coordinates obtained by the direct geocoding, reverse geocoding is performed, which is necessary to correct the data entered by the user in order to further process them. For instance, «аскизская», «улица аскизская» «аскизская улица» and other variations are unambiguously transformed into «Аскизская улица» keeping developers from creating functions or procedures processing similar variations. The article briefly presents the results of the analysis of the subject area – the structure of fees as well as the main models of the design of the information system «Тарифы ЖКХ» (housing and communal service fees) and the user interface.

**Keywords:** web applications, visualization, map, drainage, geocoding, housing and communal services, information system, heating, fees

В настоящее время одной из социальных проблем в стране является проблема ЖКХ. Для населения услуги ЖКХ являются не только показателем комфортности, но и жизненной необходимостью. Очень важно своевременно предоставлять населению актуальную информацию о тарифах ЖКХ, на основе которых производится расчет стоимости коммунальных услуг. В связи с этим возникла идея разработки информационной системы «Тарифы ЖКХ», которая позволит каждому жителю населенного пункта ознакомиться с тарифами ЖКХ удаленно, избавив от посещения предприятия, деятельность которого направлена на оказание услуг ЖКХ, с использованием двух способов визуализации информации о тарифных планах на услуги ЖКХ: первый – текстовый; второй – графический.

Цель исследования состоит в разработке системы информирования населения о тарифных планах на услуги ЖКХ. В ходе реализации проекта необходимо решить следующие задачи: изучить предметную область и определить состав коммунальных услуг (тарифов); спроектировать информационную систему (ИС) «Тарифы ЖКХ»; реализовать прототип системы; графический интерфейс системы; запросы к сервису ГИС ЖКХ; запросы к API Яндекс Карты; реляционную базу данных; форматирование полученных результатов вычисления в HTML файл.

**Материалы и методы исследования**

В работе использованы методы структурного и объектно-ориентированного проектирования информационных систем. Ма-

териалами работы послужили данные о составе тарифов ЖКХ и документы Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Хакасия по определению и установлению размеров региональных стандартов стоимости жилищно-коммунальных услуг в Республике Хакасия.

### Результаты исследования и их обсуждение

Под тарифами понимают систему ставок платы за различные производственные и непроизводственные услуги, предоставляемые предприятиям, организациям, учреждениям и гражданам. Тарифы ЖКХ – это цены на потребляемые коммунальные ресурсы, которые выражаются по отношению к стоимости в рублях за единицу потребления, например стоимость 1 кубического метра (1 м<sup>3</sup>) воды или 1 Гкал (тепловая энергия). К основным тарифам ЖКХ относятся следующие: водоснабжение – горячая/холодная вода; водоотведение; тепловая энергия; электроэнергия.

Холодная питьевая вода – неотъемлемый ресурс для жизни человека. Регулирующая организация (организация, которая осуществляет поставку воды населению) утверждает цены за 1 кубический метр воды в региональном комитете по тарифам. В каждом литре поставляемой воды учтены все затраты, связанные с ее производством и транспортировкой.

Тепловая энергия (отопление) – вид энергоресурса, которая поставляется к объектам централизованного теплоснабжения. Поставка тепловой энергии от производителя (котельная, ТЭЦ) к потребителю осуществляется по тепловым сетям. Тариф на тепловую энергию (стоимость 1 Гкал/час) для нужд отопления зависит от стоимости холодной воды, стоимости топлива для нагрева воды, обслуживания, замены основного и вспомогательного оборудования и прочих затрат теплогенерирующих и теплоснабжающих организаций.

Электричество – наиболее востребованный ресурс в современном мире. Даже если вопрос с теплом, водой и канализацией решен локально, то, как правило, электроэнергия поставляется местным поставщиком данного ресурса. Тариф на электроэнергию (цена 1 кВт·ч) для населения состоит из стоимости кВт электрогенерирующим предприятием, стоимости транспортировки электрической энергии, наценки электросбытовой компании, которая является гарантирующим поставщиком, стоимости обслуживания электрических сетей и станций,

оплаты труда сотрудников данных компаний и налогов и сборов.

Водоотведение – вывод бытовых стоков из жилых и нежилых помещений по внутренним и наружным канализационным сетям и системам. Помимо транспортировки сточных вод в тарифе заложены затраты на поддержание и модернизацию канализационных систем и сетей. Как правило, цена на водоотведение зависит от потребления электрической энергии системами водоотведения, оплаты труда сотрудникам компаний, текущего и капитального ремонта канализационных сетей и оборудования и налогов.

В России существует два уровня формирования тарифной политики: общегосударственный и региональный. В общегосударственной политике за решение вопросов отвечают Федеральная антимонопольная служба и Министерство экономического развития. На данном уровне осуществляются следующие действия: осуществляется максимальный контроль над тарифами коммунальных услуг; устанавливается индекс квот на жилищно-коммунальные услуги; разрешаются спорные ситуации, связанные с местными органами власти и поставщиками услуг в различных регионах; на региональном уровне, а также уровне субъектов Российской Федерации тарифы рассчитываются и формируются государственными органами по ценам и тарифам [1].

Организации, занимающиеся закупками ресурсов, каждый год обращаются в эти регулирующие органы для обновления (корректировки) тарифов на свои коммунальные ресурсы. При обращении управляющей организации к ресурсоснабжающей организации для заключения договора поставки коммунальных ресурсов в многоквартирные дома, как правило, ресурсоснабжающая организация фиксирует в договоре цену на свой ресурс, которая установлена в соответствии с государственным регулятором.

Каждый гражданин, проживающий в многоквартирном доме, потребляет коммунальные ресурсы и платит за их потребление.

Информация о стоимости услуг и работ представлена в разделе трех единых платежных документов (3 ЕПД). Данная колонка в разделе 3 ЕПД имеет название Тариф/размер платы [1]. Тарифы указываются в рублях за единицу измерения коммунального ресурса с учетом надбавок к тарифам организаций коммунального комплекса. Органы местного самоуправления муниципальных районов и городских округов ежегодно представляют в Министерство регионального развития Республики Хакасия информацию о размере

и дате начала применения тарифов и нормативов, используемых для расчета платы за содержание и ремонт жилого помещения и коммунальные услуги для граждан, проживающих в домах, уровень благоустройства которых соответствует средним (типичным) условиям в муниципальном образовании с приложением копий соответствующих нормативных правовых актов по установлению тарифов и нормативов потребления жилищно-коммунальных услуг. Органы местного самоуправления несут ответственность за информацию, представленную для расчета размеров региональных стандартов стоимости жилищно-коммунальных услуг в Республике Хакасия [2].

При поиске информации о тарифах на коммунальные услуги авторами замечено, что нет информационной системы с внедренной интерактивной картой, которая бы была направлена на информирование жителей Республики Хакасия об актуальных тарифах ЖКХ. В работе [3] используется статичное изображение карты республики Хакасия.

Разработка и внедрение ИС поможет решить одну из проблем в сфере ЖКХ, а именно такую, как отсутствие современных методов информирования населения о тарифах ЖКХ. Параллельной целью разработки являлось формирование карьерных компетенций студентов четвертого курса направления 09.03.03 Прикладная информатика [4]. Среди существующих программ немного программ, которые бы хранили данные о ценах на тарифы ЖКХ и при этом были бы привязаны к географическим картам. В ходе поиска аналогичных систем были найдены: информационная система управления энергетикой и тарифов Липецкой области, карта тарифов ЖКХ «Контроль».

На рис. 1 представлен пользовательский интерфейс и результат поиска тарифа ЖКХ в информационной системе управления энергетикой и тарифов Липецкой области [5]. Отличительной чертой данной системы является использование нарисованной интерактивной карты, а не картографической платформы.

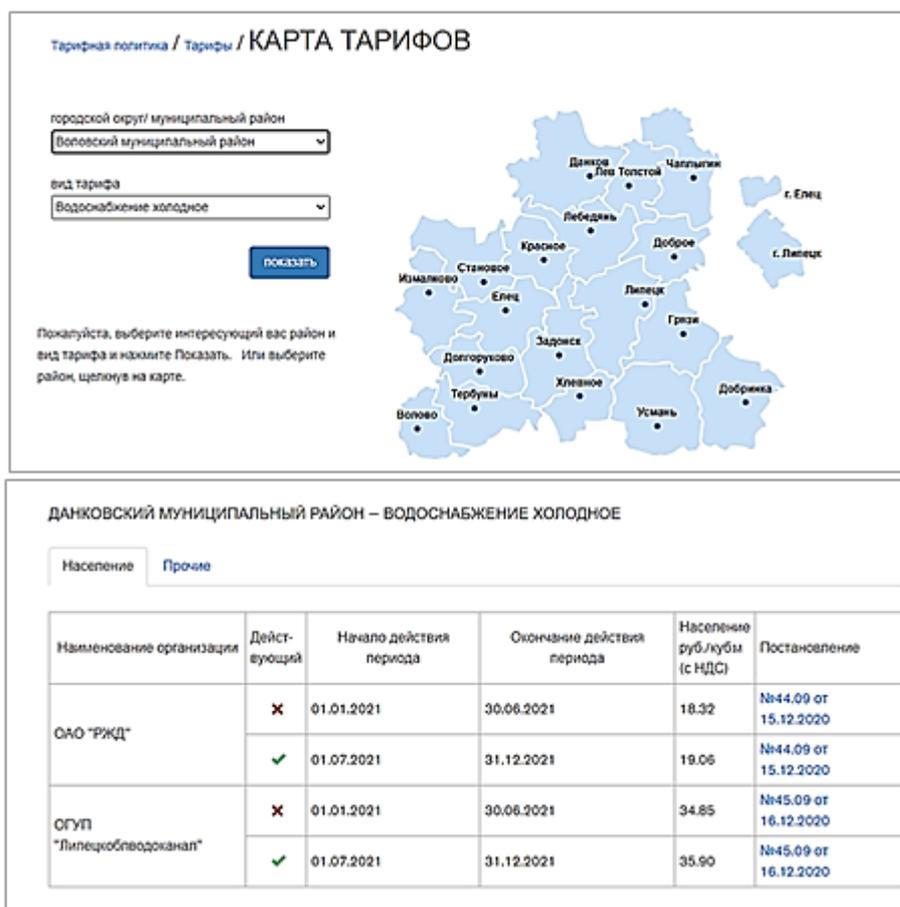


Рис. 1. Скриншот страницы Карта тарифов ЖКХ «Контроль»

В системе «Карта тарифов ЖКХ «Контроль»» хранятся данные о тарифах на энергетические ресурсы в различных субъектах Российской Федерации [6]. Принцип работы карты: пользователь в выпадающем списке выбирает нужную услугу ЖКХ и тип дома.

Интерактивные карты также используются в системах для туристов, например Booking.com, Tripadvisor [7, 8].

После анализа аналогичных систем для разрабатываемой ИС «Тарифы ЖКХ» определены следующие основные требования:

- наличие поиска, реализованного с помощью полей для ввода адреса и с помощью интерактивной карты;
- кроссплатформенность и интуитивно понятный пользователю интерфейс;
- отсутствие запросов на ввод личных данных пользователя.

Так как разрабатываемая ИС представляет собой веб-приложение, технологии разработки должны включать в себя HTML/CSS и скриптовый язык. Для получения актуальных районных/муниципальных тарифных планов, необходимых для расчетов с последующим выводом полученной информации, ИС должна отправлять запросы к ГИС ЖКХ и Яндекс Карты, имеющим открытый API, а также к реляционной базе данных, получать ответы и представлять полученный в ходе расчетов ответ в виде веб-страницы. Однако на данный момент в системе ГИС ЖКХ данные о тарифах не полностью размещены, возникла необходимость временно взять их из других источников. Впоследствии, когда в ГИС ЖКХ информация о тарифах будет загружена, разрабатываемая нами ИС будет модернизирована к подключению данных о тарифах непосредственно из ГИС ЖКХ. В таком случае информационная система «Тарифы ЖКХ» может стать общероссийской.

Архитектура разрабатываемой системы трехслойная, это поможет существенно разгрузить веб-сервер, что будет способствовать увеличению скорости работы

ИС. Технологией JDBC (Java DataBase Connectivity – соединение с базами данных на Java) будет осуществлено взаимодействие с базами данных: движение в JDBC основано на драйверах, которые указываются специально описанным URL.

Механизм взаимодействия: пользователь выбирает дом на карте посредством ввода адреса или кликом по необходимому дому; происходит отправка запроса к базе данных на основе выбранной точки на карте, а также отправка HTTP запроса на сервер; после получения данных от базы данных и сервера происходит составление HTML страницы на основе запрошенных данных; подключается CSS файл, определяющий визуальный стиль элементов HTML страницы.

Для разработки приложения были выбраны следующие средства: HTML – язык гипертекстовой разметки, который позволяет расположить на странице элементы (текст, изображения, ссылки и т.д.); CSS – таблицы стилей, придающие элементам страницы нужный вид; JavaScript – скрипт, позволяющий управлять элементами; MySQL – СУБД, хранилище данных сайта; Node JS – платформа для использования JavaScript на стороне сервера.

Процессы взаимодействия пользователя с приложением представлены на рис. 2 в виде диаграммы в нотации IDEF3.

Пользовательский сценарий: ввод адреса пользователя с помощью форм или с помощью интерактивной карты; подтверждение введенной информации; получение графической информации об адресе пользователя с помощью интерактивных карт; получение актуальных данных о тарифных планах на данный адрес, предоставленных в виде текста.

Для реализуемого интерфейса был разработан дизайн функциональных элементов системы (кнопки, поля ввода и пр.) и цветовая схема, на основе которой строится дизайн системы в целом. На рис. 3 представлен пользовательский интерфейс веб-приложения.



Рис. 2. Модель взаимодействия в нотации IDEF3

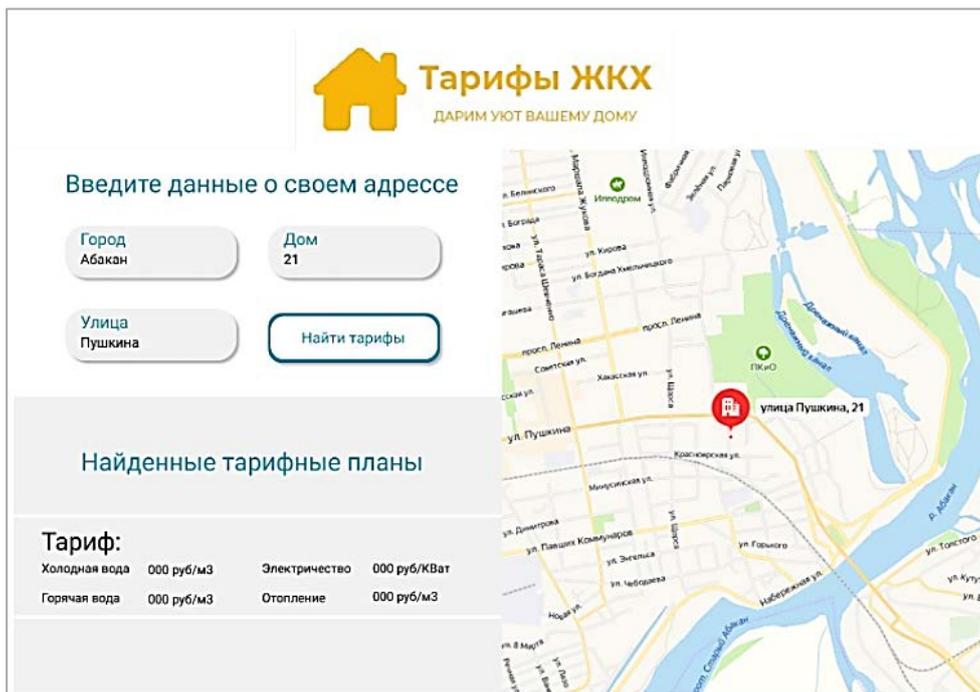


Рис. 3. Скриншот интерфейса пользователя ИС «Тарифы ЖКХ»

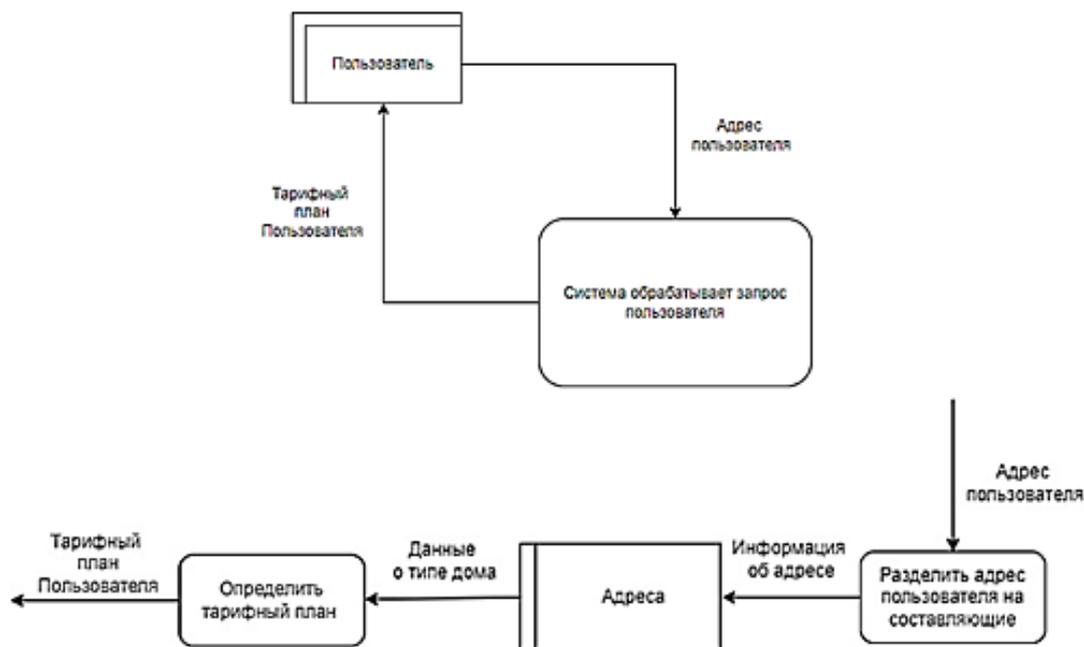


Рис. 4. Контекстная диаграмма потоков данных и декомпозиция блока «Система обрабатывает запрос пользователя»

Вывод информации о тарифных планах представлен в блоке, который расположен ниже полей ввода адреса. В данном блоке

представлена необходимая информация о тарифах, а именно наименование услуги и стоимость за единицу измерения в рублях.

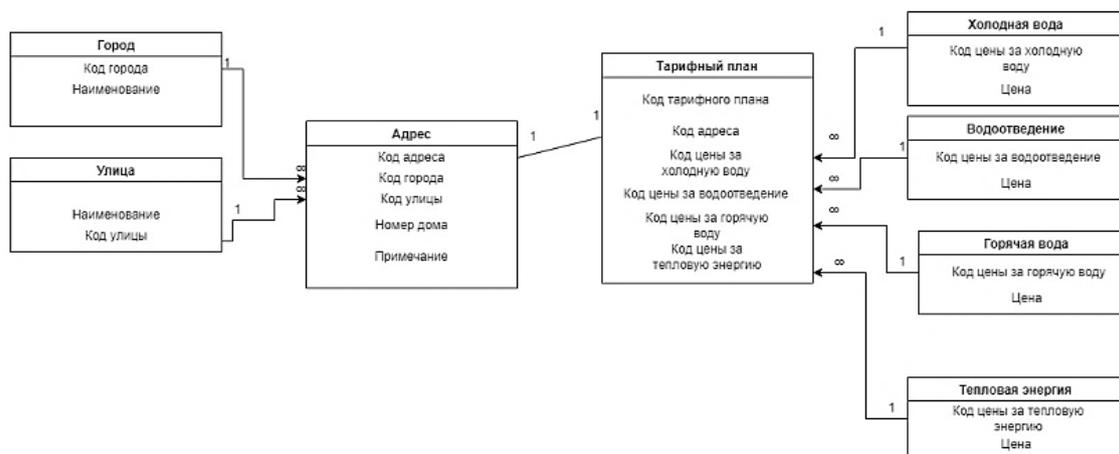


Рис. 5. Информационно-логическая модель базы данных «Тарифы ЖКХ»

Разрабатываемое веб-приложение основано на базе данных, хранящей данные об адресах в черте города. Для отдельного адреса определяется тип дома, на основе которого составляется тарифный план. Таким образом, для получения данных о тарифном плане необходимо знать адрес, на основе которого определяется тип дома, закрепленного за этим адресом. Диаграмма потоков данных для реализуемого приложения и декомпозиция блока «Система обрабатывает запрос пользователя» представлена на рис. 4.

Информационно-логическая модель отражает логическую структуру информации предметной области (рис. 5), являясь основой создания реляционной базы данных при условии, что она отвечает требованиям нормализации данных.

Исходя из анализа предметной области, были выделены две стержневых сущности: «Адрес» и «Тарифный план». Между данными сущностями установлена связь *один-к-одному*, так как за определенным адресом закреплен определенный тарифный план.

Сущность «Адрес» отражает данные адреса, которые ввел пользователь. Атрибутами данной сущности являются код адреса, город, улица, дом, примечание. Чтобы избежать появления избыточной информации, было принято решение вынести атрибуты «Город» и «Улица» в отдельные таблицы, таким образом, сформировать справочники, в которых будет храниться перечень городов и улиц. В таблице «Город» атрибутами являются код города, наименование. В таблице «Улица» атрибутами являются код улицы, наименование.

Таким образом, в таблице «Адрес» поля «Город» и «Улица» заменены на поля «Код города» и «Код улицы» и установлена связь *один-ко-многим* между таблицами «Город»,

«Улица» и таблицей «Адрес» через ключевые поля.

Для каждой услуги ЖКХ создана отдельная таблица, которая содержит в себе два атрибута: код цены за услугу, который выступает в роли первичного ключа, и цена, в котором хранятся данные о цене за услугу, так как у одной услуги может быть несколько цен в зависимости от типа дома.

Сущность «Тарифный план» отражает данные тарифа для введенного адреса. Атрибутами данной сущности являются код тарифного плана, код адреса, код цены за холодную воду, код цены за водоотведение, код цены за горячую воду, код цены за тепловую энергию. Между справочниками «Холодная вода», «Водоотведение», «Горячая вода», «Тепловая энергия» и таблицей «Тарифный план» установлена связь *один-ко-многим*.

Таким образом, все таблицы находятся в третьей нормальной форме, так как в них каждый неключевой атрибут полностью зависит от первичного ключа и отсутствуют транзитивные зависимости. Для создания базы данных была выбрана СУБД MySQL 8.0, так как это свободная реляционная система управления базами данных.

Для отображения интерактивной карты использованы сервисы Яндекс API. Для использования данного API в программном продукте необходимо зарегистрироваться в кабинете разработчика Яндекс, выбрать тарифный план и получить API ключ. Так как разработанный программный продукт является некоммерческим, был выбран тарифный план на бесплатной основе, для сокращения стоимости разработки и поддержки. После инициализации карты на сайте, у пользователя появляется вариативность в дальнейших действиях: выбор адреса методом ввода данных в определенные поля

либо методом «клика» по интерактивной карте в области необходимого адреса.

После ввода адреса срабатывает скрипт, который с помощью конкатенации формирует адресную строку, на основе которой происходит прямое геокодирование (преобразование адреса в координаты) для получения координат центра здания. На основе этих данных создается элемент balloon – метка на карте, которая размещается по заданным координатам.

Также на основе координат, полученных прямым геокодированием, производится обратное геокодирование. Данное действие необходимо для корректировки введенных пользователем данных, с целью дальнейшей их обработки, например «аскизская», «улица аскизская» «аскизская улица» и другие вариации однозначно преобразуются в «Аскизская улица». Дополнительно адрес, полученный в результате обратного геокодирования, помещается внутрь элемента balloon для сверки корректности введенных данных. Логика скрипта при использовании метода «клика» аналогична, но вместо получения координат на основе адреса происходит получение координат на основе клика по карте. После сверки правильности адреса пользователь переходит на специально сформатированный URL: «Search?City=<Название населенного пункта>&Street=<Наименование улицы при наличии>&House=<Номер дома при наличии>».

Поля «Улица» и «Дом» являются необязательными, так как для определенной улицы либо населенного пункта может быть единый тариф.

После перехода по ссылке, начинающейся со слова «Search», обрабатывается URL адрес: происходит декодирование URL из-за наличия в нем кириллицы и формируется массив элементов, включающий: название населенного пункта, улицы и номера дома. После этого происходит подключение к базе данных, формирование SQL запроса, вызывающего процедуру поиска тарифного плана по базе данных на основе данных о названии города, названии улицы при ее наличии и номера дома при наличии. После получения данных процедуры, оформленных в виде временной таблицы в базе данных, которая формируется при вызове процедуры и удаляется после ее завершения, пользователю отправляется html документ, содержащий данные о тарифном плане. Так как страница обновилась, все действия, связанные с картой, «обнулились». Поэтому при инициализации карты имитируется метод ввода адреса в соответствующие поля, только данные берутся не из полей ввода, а из URL, по которому перешел пользова-

тель, так как данный адрес отражает ранее введенные им данные.

### Заключение

В процессе выполнения работы спроектирована и реализована ИС в формате веб-приложения «Тарифы ЖКХ». В веб-приложении реализована идея об использовании двух способов визуализации информации о тарифных планах на услуги ЖКХ: первый – вывод текстовой информации; второй – использование методов интерпретации графической информации о пространственных данных в текстовый и наоборот (посредством запросов к API Яндекс Карты).

Таким образом, может быть реализован новый подход к информированию населения о тарифных планах на услуги ЖКХ, который может быть применен Центром управления регионом Республики Хакасия и другими организациями в сфере услуг ЖКХ для обеспечения информирования населения, что будет способствовать повышению качества оказываемых услуг населению.

Система в формате веб-приложения «Тарифы ЖКХ» при необходимости модернизируется в направлениях: улучшения графического интерфейса, увеличения предоставляемой информации об услугах ЖКХ, реализации запросов тарифных планов из различных систем и баз данных.

### Список литературы

1. ООО «Управляющая компания Комфорт сити». [Электронный ресурс]. URL: [https://www.uk-kc.ru/school\\_of\\_housing/articles/chto-takoe-tarif-v-zhilishchno-kommunalnykh-uslugakh-i-kak-on-formiruetsya/](https://www.uk-kc.ru/school_of_housing/articles/chto-takoe-tarif-v-zhilishchno-kommunalnykh-uslugakh-i-kak-on-formiruetsya/) (дата обращения: 08.02.2022).
2. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Хакасия. [Электронный ресурс]. URL: <https://minstroy19.ru/napravleniya-deyatelnosti/zhilishhno-kommunalnoe-xozyajstvo-xakassii/metodicheskie-rekomendaczii-po-opredeleniyu-standartov-stoimosti-zhku-v-rx.html> (дата обращения: 08.02.2022).
3. Мельников Т.М. Разработка информационной системы «Карта тарифов ЖКХ для населения РХ» // Абакан: СФУ; ХТИ – филиал СФУ, 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/145753> (дата обращения: 19.09.2022).
4. Осипова С.И., Янченко И.В. Педагогические условия формирования карьерной компетентности студентов в образовательном процессе вуза // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=9028> (дата обращения: 22.09.2022).
5. Управление энергетики и тарифов Липецкой области. [Электронный ресурс]. URL: [http://energy48.ru/tarif\\_politics/tariff/2022/map?type=utilization](http://energy48.ru/tarif_politics/tariff/2022/map?type=utilization) (дата обращения: 18.02.2022).
6. Карта тарифов ЖКХ «Контроль». [Электронный ресурс]. URL: <https://communal-control.ru/tariff/index> (дата обращения: 18.02.2022).
7. Отели Абакана. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.booking.com/searchresults.ru.html?aid=376376> (дата обращения: 04.03.2022).
8. Лучшие отели Саяногорска в 2022. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tripadvisor.ru/Hotels-g2281445-Sayanogorsk\\_Republic\\_of\\_Khakassia\\_Siberian\\_District-Hotels.html](https://www.tripadvisor.ru/Hotels-g2281445-Sayanogorsk_Republic_of_Khakassia_Siberian_District-Hotels.html) (дата обращения: 04.03.2022).

## СТАТЬИ

УДК 378:796

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРИ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ В ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТЕ****Абдрахманова И.В., Лущик И.В.***ФГБОУ ВО «Волгоградская государственная академия физической культуры», Волгоград, e-mail: academy@vgafk.ru*

В статье описаны трудности, возникающие у молодых исследователей при решении задачи проверки статистических гипотез на выборках малого объема. Данное положение обусловлено специфическими особенностями сбора данных в сфере физической культуры и спорта. Большинство рассмотренных авторами трудов, представленных в открытых информационных ресурсах, включает сопоставление экспериментальной и контрольной групп по уровню подготовленности, определение эффективности новаций в методическом обеспечении тренировочного процесса посредством сравнения показателей спортсменов в разные моменты времени. В условиях работы с небольшим массивом данных основной проблемой является оптимальный выбор наиболее мощного непараметрического критерия. Авторами выделены основные ошибки, допускаемые магистрантами и обучающимися на бакалавриате при определении статистического инструментария. Представлены результаты анализа причин, обуславливающих некорректность интерпретации математических моделей, построенных на основе применения параметрических критериев. Приведены примеры неоднозначной трактовки итогов использования непараметрических критериев, представленные в современной научно-методической литературе. Описаны процедуры оптимизации отбора статистического критерия для решения локальных задач статистического анализа, позволяющие существенно снизить вероятность получения неадекватных или противоречивых результатов обработки данных малого объема в области физической культуры и спорта.

**Ключевые слова:** статистический анализ, физическая культура, непараметрические критерии, проверка статистических гипотез

**FEATURES OF APPLICATION OF PARAMETRIC AND NONPARAMETRIC CRITERIA IN DATA ANALYSIS IN PHYSICAL CULTURE AND SPORT****Abdrakhmanova I.V., Luschik I.V.***Volgograd State Physical Education Academy, Volgograd, e-mail: academy@vgafk.ru*

The article describes the difficulties that young researchers face when solving the problem of testing statistical hypotheses on small samples. This provision is due to the specific features of data collection in the field of physical culture and sports. Most of the works reviewed by the authors, presented in open information resources, include a comparison of the experimental and control groups according to the level of preparedness, determining the effectiveness of innovations in the methodological support of the training process by comparing the performance of athletes at different points in time. When working with a small amount of data, the main problem is the optimal choice of the most powerful nonparametric criterion. The authors have identified the main mistakes made by undergraduates and undergraduate students in the determination of statistical tools. The results of the analysis of the reasons for the incorrect interpretation of mathematical models built on the basis of the use of parametric criteria are presented. Examples of ambiguous interpretation of the results of the use of non-parametric criteria, presented in modern scientific and methodological literature, are given. The procedures for optimizing the selection of a statistical criterion for solving local problems of statistical analysis are described, which can significantly reduce the likelihood of obtaining inadequate or inconsistent results of processing small data in the field of physical culture and sports.

**Keywords:** statistical analysis, physical education, nonparametric criteria, statistical hypothesis testing

Высокая публикационная активность современных молодых ученых определяется высоким уровнем развития информационной среды. Возможность ознакомления с широким спектром исследований, представленных студентами и магистрантами в научных изданиях, позволяет сделать следующие выводы о составе испытуемых, исследуемых признаках и наиболее популярных критериях:

– выборки формируются из спортсменов различных возрастных групп с идентичной специализацией, или производится дифференциация по половому признаку

в случае принадлежности к одной возрастной группе;

– целью исследования является оценка эффективности экспериментальных авторских методик на основе анализа изменений уровня сформированности физических качеств или выявление зависимости между различными показателями скоростных, силовых, скоростно-силовых, антропологических или морфологических характеристик;

– широко используются параметрический t-критерий Стьюдента для связанных или несвязанных выборок, непараметрические критерии Манна – Уитни и Краскела – Уоллиса.

Популярность параметрического t-критерия Стьюдента обусловлена многоаспектностью его применения. Среди решаемых посредством данного критерия задач доминируют следующие:

- построение интервальной оценки среднего значения и дисперсии исследуемого признака;
- выявление выбросов на основе сопоставления зарегистрированных значений и построенного интервала;
- оценка степени однородности выборочной совокупности.

Математическое моделирование реализуется на основе учета взаимосвязи следующих характеристик: «ширины доверительного интервала, соответствующей ему доверительной вероятности и объема выборки» [1, с. 43].

Выбор t-критерия Стьюдента должен иметь в качестве обоснования для использования подтверждение нормального закона распределения выборки, что часто игнорируется молодыми исследователями.

Критерий Манна – Уитни используется для сопоставления средних значений двух выборок, при условии, что между исходными данными отсутствует корреляционная связь. Допускается наличие в одной из выборок трех значений. Критерий Краскала – Уоллиса есть многомерное обобщение критерия Вилкоксона – Манна – Уитни, представляющее собой непараметрический аналог однофакторного дисперсионного анализа. При отборе непараметрических критериев учитываются количество и объем сопоставляемых выборок. Студенты и магистранты испытывают сложности при отборе или ошибаются в выборе вследствие игнорирования такого показателя, как мощность критерия.

С целью решения представленных выше проблем были определены условия, снижающие вероятность неверного выбора или некорректного применения статистического критерия для анализа данных малого объема.

Цель исследования – выявить причины некорректности выводов, полученных на основе использования параметрического t-критерия Стьюдента для проверки статистических гипотез на выборках малого объема; описать алгоритм отбора непараметрического критерия, минимизирующего риск получения противоречивых результатов анализа малого массива данных.

#### **Материалы и методы исследования**

В процессе исследования произведено изучение соответствующих материалов, представленных в открытых информационных источниках.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Указанные преимущества t-критерия Стьюдента не могут быть в полной мере реализованы в области физической культуры и спорта, так как его использование ограничено следующими требованиями:

- распределение выборочных данных должно подчиняться нормальному закону;
- дисперсии сопоставляемых выборок должны быть равны [2, с. 129].

В современной специальной научной литературе детально рассматривается проблема отбора мощного статистического критерия для проверки гипотезы о нормальном распределении выборочных данных малого объема. При этом выделяются простые гипотезы (о соответствии распределения данных какому-либо закону с заданными априори параметрами) и сложные (о соответствии распределения данных какому-либо закону с произвольными параметрами, определенными согласно эмпирическим значениям). Выделяют общие критерии согласия, разработанные для проверки простых гипотез, и частные.

В этой связи отмечается высокая популярность аппроксимации эмпирических данных распределением из семейства Пирсона, при которой возможно построение кривой, описывающей плотности их распределения. Данная процедура позволяет определить характеристики распределения, например его симметричность, поведение на хвостах и прочее. Негативной при этом является сложность определения части параметров (например, квантилей) по построенной аналитической модели распределения плотности вероятности.

Развитие информационных технологий позволяет модернизировать процедуру расчета и интерпретации классических критериев, разработанных в XX в. Разработка онлайн-калькуляторов, отображающих количественные результаты статистического анализа, словесное резюме и соответствующую графическую интерпретацию, сменилась созданием нейронов, эквивалентных критериям согласия [3].

Сравнительный анализ итогов использования данных продуктов, а также результатов разностороннего сравнения критериев, описанных в специальной научной литературе, позволил сделать следующие заключения:

- критерий Пирсона, являясь оптимальным для применения в полиномиальных схемах и наиболее популярным критерием согласия при проверке простых гипотез, не имеет достаточной мощности при работе

с малыми массивами данных (менее 20 измерений) и высокую вероятность ошибки второго рода;

– критерий Смирнова – Крамера – фон Мизеса, разработанный почти на 30 лет позже критерия Пирсона, превышает его по показателю вероятности ошибок первого и второго рода почти на 7%, при этом данный критерий предполагает конкретизацию значений параметров теоретической функции распределения, оценивание параметров по выборке, в свою очередь, приводит к существенному росту вероятности ошибки второго рода;

– критерий Андерсона – Дарлинга, являясь непараметрическим, используется для проверки простых гипотез о согласии эмпирического распределения с любым теоретическим распределением и является чувствительным к поведению функции распределения вероятностей на хвостах;

– критерий, разработанный Дэвидом, Хартли и Пирсоном, предполагает учет варьированности данных на основе анализа отношения размаха вариации и нормированного стандартного отклонения;

– критерий Шапиро – Уилка, созданный специально для анализа малых выборок и определяющий ее принадлежность к нормально распределенной генеральной совокупности, базируется на построении оптимальной линейной несмещенной оценки дисперсии при помощи метода максимального правдоподобия, дает приемлемые результаты при условии, что объем выборки превышает 20 измерений;

– критерий Хегази – Грина предусматривает использование аппроксимаций и является более мощным, чем критерий Шапиро – Уилка, но не позволяет автоматизировать аппроксимации и при исследовании малых выборок дает существенное смещение;

– критерий Васичека имеет своей основой следующее положение: энтропия нормального распределения превышает энтропию любого другого распределения с той же дисперсией (при этом для использования данного критерия нет необходимости в построении таблицы коэффициентов); он является одним из лучших с точки зрения математического моделирования, имеет удовлетворительную асимптотическую эффективность и более чувствителен к выбросам по сравнению с критерием Шапиро – Уилка;

– критерий Гири имеет высокую мощность (особенно при сравнении с критерием Дэвида – Хартли – Пирсона) и удобный алгоритм расчета и интерпретации с точки зрения его автоматизации, но его статистики могут быть признанными асимптоти-

чески нормальными только при условии, что объем выборки не менее 40 (при меньших объемах они нестабильны).

Спектр критериев согласия достаточно широк: в течение последних 120 лет разработано около 230 различных статистик, некоторая доля которых может быть применена посредством использования возможностей нейросетевых технологий.

Непараметрические статистики, используемые для анализа данных малого объема, могут быть объединены в следующие группы: ранговые и неранговые непараметрические статистики. Молодые исследователи относительно редко в своих работах обращаются к непараметрическим ранговым статистикам, основанным на эмпирических функциях распределения. На их основе разработаны следующие критерии:

– Колмогорова,

– Смирнова,

– Реньи,

– Крамера – Мизеса и др.

Критерий согласия Колмогорова предназначен для проверки гипотез о совпадении законов распределения двух эмпирических вариационных рядов. При этом отсутствует требование группировки дискретных данных или построения интервалов для непрерывных случайных величин. Данный критерий является чувствительным, так как позволяет отклонить нулевую гипотезу на более низком уровне значимости (по сравнению с медианным критерием). Критерий симметричности Смирнова используется для проверки гипотезы о симметричности распределения эмпирических данных относительно некоторого центра (в частности, среднего выборочного). Критерии Реньи и Крамера – Мизеса применяются для проверки гипотез об однородности двух независимых выборок.

Анализ научных трудов в данной области позволил выделить следующие особенности применения наиболее широко используемых критериев Колмогорова и Смирнова:

1. Критерий Смирнова применим для ранжированных данных (в частности, измеренных по порядковой шкале). Таблицы критических значений составлены для выборок малого объема.

2. При работе с выборками большого объема используются таблицы критических значений предельного распределения Колмогорова, предполагающие анализ данных, измеренных по интервальной шкале. В этом случае объем каждой из сопоставляемых выборок должен включать не менее 150 измерений [4].

Организация исследования, обеспечивающая репрезентативность малых выбо-

рок и признание статистических данных легитимными, предполагает обработку количественных признаков различными способами, среди которых научный интерес представляют следующие:

1. Линеаризующие преобразования.
2. Расчет «размера эффекта» (Effect Size – ES) [5].

Метод линеаризации функций, в математическом аспекте, предполагает построение прямой пропорциональной зависимости между значениями факторного и результирующего признака. Магистранты в большинстве случаев используют парные или множественные линейные регрессионные модели. При рассмотрении реальных процессов линейные модели часто оказываются несостоятельными, так как изучение малых массивов данных сопровождается регистрацией некоторых значений с низкой корреляционной связью и, как следствие, построением моделей с недостаточным интерполированием. Адекватную интерпретацию можно получить, используя построение полиномиальной регрессии. Однако в этом случае следует учитывать специфичность данных для правильного подбора показателей степеней, иначе возникает опасность перенасыщения модели. Линеаризация позволяет учитывать все зарегистрированные значения. Применимость метода к нелинейным моделям практически не имеет ограничений.

Современным аналогом критерия достоверности при проведении анализа эффективности тренировочного процесса, развития спортивно-технического мастерства спортсменов, результатов применения экспериментальных методик в спорте является ES – «величина эффективности». Методологически данный параметр противопоставляется пороговому значению уровня значимости ( $p = 0,05$ ) для оценки достоверности коэффициента корреляции, и при его расчете используются следующие значения:

- объем выборки;
- коэффициент корреляции;
- t-критерий Стьюдента.

Для корреляционного анализа интерпретация расчетного значения ES (варьируется от 0 до 2) выглядит следующим образом:

- менее 0,1 – эффект отсутствует;
- от 0,1 до 0,3 – эффект низкий;
- от 0,3 до 0,5 – эффект средний;
- более 0,5 – эффект высокий.

При анализе выборок, содержащих от 3 до 20 элементов, неизбежны потери информации, уменьшение или устранение которых может быть достигнуто посредством метода точечных распределений (МТР). Согласно МТР, группировка данных заменяет-

ся рассмотрением каждого измерения в качестве центра распределения с некоторым заданным законом. Данный метод предусматривает предварительное определение эмпирической функции или эквивалентной выборки. Данный подход обеспечивает увеличение точности параметров малых выборок и корректность прогнозирования закона распределения генеральной совокупности. Реализация многомерного анализа на основе применения МТР позволяет исследователю создавать адекватные математические модели даже при относительно небольшом числе строк данных [6].

### Заключение

Относительно небольшой объем выборочных данных, формируемых исследователями в сфере физической культуры и спорта, затрудняет статистический анализ на основе использования параметрических критериев. Необходимость подтверждения нормального распределения определяет выбор математической модели критерия согласия или критерия симметрии на основе заявленных уровней точности и достоверности.

Широко используемые непараметрические критерии имеют меньшую мощность в сравнении с ранговыми непараметрическими критериями. Алгоритм использования ранговых критериев, основанный на построении эмпирических функций распределения, обеспечивает их большую чувствительность при анализе малых выборок. В этом случае допускается обработка порядковых данных, что является существенным преимуществом в спортивных исследованиях. Большинство математических моделей расчета этих статистик могут быть автоматизированы, в открытых информационных ресурсах присутствуют онлайн-калькуляторы, применение которых является бесплатным и позволяет получить результаты в графической, формальной и словесной интерпретации.

Тотальный учет данных (в том числе с низким коэффициентом линейной корреляции) и определение ряда важных характеристик на основе учета формы регрессии при проведении корреляционного анализа малых массивов возможны в процессе линеаризации функций. Данная процедура может быть использована в случае нелинейной зависимости или при построении полиномиальной регрессии с недостаточной или некорректной аппроксимацией.

В современных исследованиях в области физической культуры и спорта ES (величина эффективности) вытесняет достоверность  $p$ , определенную Фишером для обоснования состоятельности интер-

претации корреляционного анализа малых выборок. Настоящий параметр находит широкое применение при оценке результатов тренировочного процесса, построенного на основе использования экспериментальных методик.

Использование современных информационных технологий позволяет разрабатывать нейроны, эквивалентные непараметрическим критериям, и применять метод точечных распределений, обеспечивающий корректность статистического анализа малых массивов данных.

#### Список литературы

1. Шаталов К.В., Кириллова А.В. Применение критерия Стьюдента для оценки результатов межлабораторных сравнительных испытаний // Эталоны. Стандартные образцы. 2016. № 1. С. 42–48.
2. Абдрахманова И.В., Лушик И.В. Особенности применения критерия Манна – Уитни для проверки статистических гипотез в физической культуре и спорте // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 4. С. 128–132.
3. Иванов А.П., Иванов А.И., Малыгин А.Ю. Альбом из девяти классических статистических критериев для проверки гипотезы нормального или равномерного распределения данных малых выборок // Надежность и качество сложных систем. 2022. № 1 (37). С. 20–29.
4. Парыгина С.А. Об особенностях применения некоторых ранговых непараметрических критериев проверки гипотез // Вестник Башкирского университета. 2016. № 2. С. 252–255.
5. Воронов И.А. Линеаризующие преобразования и «размер эффекта» при проведении экспериментов с невысоким объемом выборки в области психологии спорта // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2020. № 1 (179). С. 379–385.
6. Долгов Ю.А., Долгов А.Ю., Столяренко Ю.А. Анализ выборок малого объема и их применение // Вестник Приднестровского университета. Серия: Физико-математические и технические науки. Экономика и управление. 2013. № 3 (45). С. 79–90.

УДК 376.37

**ОБУЧЕНИЕ АНАЛИЗУ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТЕКСТА ШКОЛЬНИКОВ 6-ГО КЛАССА С ТЯЖЕЛЫМИ НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ****Бондаренко Т.А., Калашникова А.Р., Хвастунова Е.П.***ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет», Волгоград, e-mail: zhurbina-tatyana@mail.ru, kalashnikova41@gmail.com, elena\_volga68@mail.ru*

В статье рассматриваются лингвистические основы обучения семантическому анализу текста и приводится определение текста как речевого произведения любой протяженности. В работе представлено определение семантической структуры текста, под которой понимается совокупность важных тем и микротем текста, семантических единиц, реализующих эти микротемы, и разнообразных связей (семантических и грамматических) между единицами и темами / микротемами. Выявляются трудности структурно-семантического анализа текста, которые возникают у детей с тяжелыми нарушениями речи: выделение главной мысли текста, определение ключевых слов, понимание общего смыслового содержания текста, а также видение взаимосвязи компонентов текстовой структуры. Авторы отмечают, что особую сложность у детей с тяжелыми нарушениями речи вызывает последовательное связное изложение содержания анализируемого текста, так как дети с ТНР не могут правильно выделить смысловые части из текстового целого, подобрать названия выделенным частям, кратко передать содержание отдельных частей и целого текста, пересказать исходный текст. Представлены результаты экспериментального исследования по обучению семантическому анализу всех элементов текста детей с тяжелыми нарушениями речи с применением пошагового алгоритма. В статье делается вывод о том, что анализ семантической структуры текста является процессом, требующим от ученика большой скрупулезности и внимательного отношения к собственному речевому опыту. Обучение анализу семантической структуры текста возможно только через формирование у ученика внимательного отношения к каждому слову в тексте, выявление всех единиц текста, которые вызывают сложность на уровне понимания, и обучение ученика самостоятельно разрешать все сложности, связанные с пониманием прочитанного как на уровне отдельных слов, так и на уровне всего текста в целом.

**Ключевые слова:** экспериментально-исследовательская работа, тяжелые нарушения речи, семантическая структура текста, уроки русского языка, школьники

**TRAINING IN THE ANALYSIS OF THE SEMANTIC STRUCTURE OF THE TEXT OF SCHOOLCHILDREN OF THE 6TH CLASS WITH SEVERE SPEECH DISORDERS****Bondarenko T.A., Kalashnikova A.R., Khvastunova E.P.***Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, e-mail: zhurbina-tatyana@mail.ru, kalashnikova41@gmail.com, elena\_volga68@mail.ru*

The article discusses the linguistic foundations of teaching the semantic analysis of the text and provides a definition of the text as a speech work of any length. The paper presents the definition of the semantic structure of the text, which is understood as a set of important topics and micro topics of the text, semantic units that implement these micro topics, and various connections (semantic and grammatical) between units and topics / micro topics. Difficulties in the structural and semantic analysis of the text that arise in children with severe speech disorders are revealed: highlighting the main idea of the text, identifying key words, understanding the general semantic content of the text, as well as seeing the relationship between the components of the text structure. The authors note that a particular difficulty in children with severe speech disorders is caused by a consistent coherent presentation of the content of the analyzed text, since children with TNR cannot correctly distinguish semantic parts from the text whole, choose names for the selected parts, briefly convey the content of individual parts and the whole text, retell source text. The results of an experimental study on teaching the semantic analysis of all elements of the text of children with severe speech disorders using a step-by-step algorithm are presented. The article concludes that the analysis of the semantic structure of the text is a process that requires the student to be very thorough and attentive to his own speech experience. Teaching the analysis of the semantic structure of the text is possible only through the formation of a student's attentive attitude to each word in the text, the identification of all units of the text that cause difficulty at the level of understanding, and teaching the student to independently resolve all the difficulties associated with understanding what is read, both at the level of individual words and at the level of the text as a whole.

**Keywords:** experimental research work, severe speech disorders, semantic structure of the text, Russian language lessons, schoolchildren

В рамках современных компетентностных подходов понимание информации должно являться главной целью обучения. Для достижения этой цели определяющее значение имеет работа с детьми по формированию понимания как отдельно взятых лексических единиц, так и всего высказывания в целом [1]. Как отмечает В.П. Зинчен-

ко, «понимание есть средство усвоения знания, но для того, чтобы оно стало таковым, необходимо сделать его целью обучения» [2]. Актуальность нашего исследования заключается в том, что обучение детей с тяжелыми нарушениями речи русскому языку в его письменной форме сопряжено с рядом объективно существующих сложностей;

преодоление этих сложностей и формирование полноценных как практических, так и теоретических знаний и умений по учебной дисциплине «Русский язык» является важнейшей задачей обучения детей с тяжелыми нарушениями речи в школе. Также актуальной задачей методики развития речи на сегодняшний день является поиск эффективных путей формирования у школьников восприятия, понимания и воспроизведения речевых произведений. Успешное усвоение всех школьных дисциплин напрямую связано с возможностью школьников воспринимать и перерабатывать информацию, полученную на уровне речевого произведения. Кроме того, успешность в учебе в большей степени зависит от понимания ребенком объяснений учителя (т.е. от степени понимания звучащего текстового произведения на слух) и понимания изложенного материала в школьных учебниках (т.е. от степени понимания речевого произведения в виде графически оформленной единицы текста). Школьнику необходимо для этого владеть достаточным уровнем понимания и воспроизведения письменных и устных текстов.

Цель исследования: сформировать у школьников с тяжелыми нарушениями речи навык анализа семантической структуры текста.

#### Материалы и методы исследования

Гипотезой нашего исследования послужило предположение о том, что обучение школьников с тяжелыми нарушениями речи пониманию семантической структуры текста будет более успешным, если свою работу учитель-логопед строит на обучении детей с ТНР семантическому анализу всех элементов текста, как отдельно взятых, так и в их взаимосвязи.

Недостаточное понимание речи детьми с ТНР неблагоприятно отражается на общем развитии их речемыслительной деятельности, не дает усваивать школьные знания в полном объеме, в связи с чем методические задачи формирования у этой категории учащихся навыков семантического анализа текста приобретают особое значение. Такой анализ является очень сложной мыслительной операцией и основывается на развитой способности ребенка к симультанному анализу и синтезу. Кроме того, важную роль играет способность ребенка осуществлять языковые обобщения и умение переходить на уровень абстрактных понятий.

В лингвистической науке существует много определений понятия «текст». Различия между этими определениями зависят от позиции лингвиста, от понимания им

текста как определенной материально выраженной языковой структуры (т.е. определенного продукта речевой деятельности) или как живого процесса собственно речевой деятельности (здесь имеет значение психолингвистический подход к речевой деятельности А.А. Леонтьева, который ее рассматривал в рамках деятельности как таковой; т.е. мы можем рассматривать текст как речевой процесс). Кроме того, немаловажным является и аспект, в котором изучается данный продукт или процесс; этот аспект может быть коммуникативным или структурным, динамическим или статическим. По определению текста, которое сформулировал Ю.С. Маслов, текстом может являться любой речевой продукт, который обладает определенными параметрами: «В лингвистике термином “текст” обозначают не только записанный, зафиксированный так или иначе текст, но и любое кем-то созданное “речевое произведение” любой протяженности – от однословной реплики до целого рассказа, поэмы или книги» [3]. Что же позволяет нам определить, является ли речевое произведение текстом или нет? В чем разница между «Красный, желтый, кружиться, падать, земля, на, листья, осенний» и «Красные и желтые осенние листья кружатся и падают на землю»? Обе ли эти фразы, по Ю.С. Маслову, мы можем считать текстом? Каковы же параметры текста, которые и определяют его природу? В этих вопросах большинство исследователей единодушны. К обязательным параметрам текста относят, в первую очередь, цельность и связность. Исходя из этих параметров, мы можем определить, что текстом является только вторая приводимая нами в пример фраза, так как в ней присутствуют и связность отдельных ее частей, и общая цельность всех компонентов.

Если изобразить графически две текстоформирующие категории – цельность и связность, то мы получим оси координат, где цельность выступает как вертикаль, а связность как горизонталь. Оба эти параметра – вертикаль и горизонталь – взаимодействуют друг с другом, вступают во взаимосвязь, которая заключается в том, что цельность текста обеспечивается материальными видами связи его единиц, т.е. связностью, а связность выражается через цельность текста, как смысловую, так и структурную.

Понятие «семантическая структура» задается как на уровне макросвязности (связи тематических блоков текста), так и на уровне микросвязности (грамматической связности). Таким образом, под семан-

тической структурой текста подразумевается совокупность важных тем и микротем текста, семантических единиц, реализующих эти микротемы, и разнообразных связей (семантических и грамматических) между единицами и темами / микротемами [4].

У детей среднего школьного возраста с ТНР можно отметить такие трудности анализа семантической структуры текста, как выявление главной мысли текста, выделение ключевых слов, понимание общего смыслового содержания текста, а также видение взаимосвязи компонентов текстовой структуры. Особую сложность у данной категории учащихся вызывает последовательное связанное изложение содержания анализируемого текста, так как дети с ТНР не могут правильно выделить смысловые части из текстового целого, подобрать названия выделенным частям, кратко передать содержание отдельных частей и целого текста, трансформировать исходный текст (т.е. передать его смысл «своими словами») [5]. Важно добавить, что реализация смысловой стратегии также имеет ряд особенностей. Наравне с существенными семантическими признаками, дети с тяжелыми нарушениями речи фокусируют свое внимание на конкретных признаках воспринимаемого слова, скрытых в его фонетическом облике [6].

Из выше сказанного следует, что семантика текста означает его смысл. Понимание, анализ и синтез текста – операция не простая, многоступенчатая [7]. У детей с тяжелыми нарушениями речи понимание смысла текста затруднено, что мешает школьникам с речевыми расстройствами эффективно обучаться; кроме того, семантическая структура высказывания может восприниматься вариативно, в зависимости от возраста [8] и речевого опыта ребенка.

На констатирующем этапе эксперимента было организовано исследование по выявлению уровня сформированности навыка анализа семантической структуры текста. В эксперименте участвовало 30 обучающихся 6-го класса, имеющих тяжелые нарушения речи вследствие дизартрии, ринолалии и др. Исследование проходило на базе ГКОУ «Школа-интернат № 6» г. Волгограда в течение 2020-2021 и 2021-2022 учебных лет. В первый год в исследовании приняли участие 14 шестиклассников, во второй год – 16. За текст мы взяли правило «Виды глагола». Правило звучит следующим образом: «Вид глагола – постоянный признак. Глаголы бывают совершенного и несовершенного вида. Глаголы разных видов – это два разных слова с разными значениями. Совершенный вид глагола обозначает за-

конченное действие, несовершенный вид – обозначает незаконченное действие».

После предоставления правила детям было дано задание распределить глаголы совершенного и несовершенного вида по столбикам. Задание ни одним ребенком не было выполнено на 100%, так как дети не смогли понять ни одно положение текста правила. При анализе трудностей, с которыми столкнулись дети, мы выяснили, что обучающиеся с ТНР не разграничивают для себя смысл терминов «постоянные признаки» и «непостоянные признаки», не чувствуют смыслового наполнения терминов «совершенный вид» и «несовершенный вид» (это объясняется тем, что дети не понимают смысла словосочетаний «завершенное, законченное, действие» и «незавершенное, незаконченное, действие»), тем более, детям недоступно понимание, что глаголы разных видов – это разные слова (школьники не видят разницы между словами, например, «открыть» (совершенного вида) и «открывать» (несовершенного вида), поэтому начальную форму к глаголу несовершенного вида «открывал» подбирают форму совершенного вида «открыть», так как для детей слова «отрыть» и «открывать» являются одним словом). Кроме того, мы выяснили, что школьники не понимают соотношения категорий времени глагола и его вида. Обучающимся с тяжелыми нарушениями речи, которые приняли участие в нашем исследовании, было недоступно понимание того, что у глаголов совершенного времени нет формы настоящего времени, а есть только формы прошедшего и простого будущего времени, а у глаголов несовершенного вида есть все три временные формы. Форма времени является ярким маркером в определении вида глагола: если глагол стоит в форме настоящего времени (например, «учат», «пишет», «говорю»), то он может быть только несовершенного вида; если глагол стоит в форме простого будущего времени (например, «напишет», «прибегу», «прочитаем»), то он может быть только совершенного вида. Выявленные особенности говорят о том, что детям не только недоступна семантика текстовой структуры в целом, но также недоступна и семантика отдельных слов, входящих в устойчивые словосочетания (например, слово «вид» в устойчивом словосочетании «вид глагола»). Кроме того, мы выяснили, что ученики даже не фиксируют слова, которые им непонятны, не проявляют любознательности и не выясняют значения этих слов. После прочтения текста правила дети на вопрос экспериментатора о том, понятен

ли им смысл правила и задания, отвечают, что им все понятно, и приступают к выполнению задания. После ошибочного выполнения задания школьниками и уточняющих вопросов со стороны экспериментатора выясняется, что понимания прочитанного текста не было и полного понимания задания тоже не было, что не помешало детям приступить к выполнению упражнения. Кроме констатации факта, что детям недоступна семантика текста, мы также можем сделать вывод о том, что у них не сформирована функция анализа как всего текста в целом, так и отдельных его составляющих: значений слов, словосочетаний и предложений. При изучении результатов исследования мы выявили следующие критерии распределения навыков анализа семантической структуры текста по уровням:

- высокий уровень: задание выполнено на 90-100% (все или почти все глаголы совершенного и несовершенного видов распределены верно по столбикам);
- средний уровень: задание верно выполнено на 51-89%;
- уровень ниже среднего: задание выполнено верно на 30-50%;
- низкий уровень: задание выполнено верно менее чем на 30%.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Анализ итогов констатирующего этапа эксперимента показал, что низкий уровень сформированности навыка анализа семантической структуры текста показали 50% школьников. Дети не смогли справиться с заданием, правило было не понято, ни одно слово не было распределено в нужную колонку. Уровень ниже среднего был выявлен у 30% детей. Школьники попытались понять в правиле только определения видов глагола, чтобы выполнить предоставленное задание, однако только 2 глагола из 6 было верно распределено (при этом дети признались, что случайно угадали верный ответ). 20% школьников продемонстрировали средний уровень, так как дети уже поняли смысл текста правила лучше, но допустили ошибки. Высокий уровень сформированности понимания семантической структуры текста никто не показал.

По результатам констатирующего эксперимента стало понятно, что необходимо провести специальную работу с детьми с тяжелыми нарушениями речи по обучению их анализу семантической структуры текста. Именно анализ всего текста в целом и отдельных его частей лежит в основе выявления его семантической структуры.

Работу по обучению пониманию смысла структуры текста было решено провести на основе того же правила по русскому языку «Виды глагола». Наш план действий основывается на трудах А.Ю. Авдониной, С.М. Валявко, О.А. Величеновой, М.Н. Русецкой, И.Р. Гальперина, Т.В. Ефименковой, К.А. Клочко, А.А. Леонтьева, К.О. Романенко, а также на данных из статьи Д.С. Павловой [9]. Так как у детей с тяжелыми нарушениями речи затруднен анализ смысловой структуры текста, при работе над анализом текста правила мы также использовали объяснение семантики отдельных слов данной формулировки.

В самом начале совместно со школьниками мы вспомнили, что такое глагол, что он обозначает. Затем детям было объяснено, что такое вид глагола, что данная характеристика глагола называется постоянной, так как присуща всем глагольным формам и не изменяется в зависимости от контекста. После мы рассказали школьникам, что означает каждый вид, показали связь видов с вопросами, которые задают к глаголам (что делать? что сделать?). Также нами было специально отмечено, что при образовании различных глагольных форм требуется следить, чтобы это были формы одного вида, иначе мы можем образовать не разные формы одного слова, а совершенно разные слова. Приведем пример для иллюстрации этого важного положения в нашей работе: глагол «открывал» несовершенного вида, так как отвечает на вопрос «что делать?»; чтобы не ошибиться в образовании других форм этого глагола, надо сначала задавать вопрос (что делать? что буду делать? что делаю?), а потом отвечать на него (открывать, буду открывать, открываю). Кроме того, обратили внимание детей на то, что глаголы несовершенного вида имеют формы, настоящего, прошедшего и сложного будущего времени, а глаголы совершенного вида форму настоящего времени не имеют, у них возможны только формы прошедшего и простого будущего времени.

Работу по формированию навыков структурно-семантического анализа текста орфографического правила с детьми среднего школьного возраста эффективно строить с опорой на данные психолингвистических исследований [10]. Кроме того, важным является учитывать мнение Р.Е. Левиной, Т.Б. Филичевой и Г.В. Чиркиной о том, что глаголам уделяется незначительное количество времени на логопедических занятиях [11]. Именно это, на наш взгляд, приводит к тому, что дети в средней школе при изучении темы «Глагол» не осозна-

ют всех морфологических категорий, присущих этой части речи, не могут работать по правилу из учебника и определить время глагола, его вид или спряжение. Исходя из этих данных, мы сочли целесообразным предложить школьникам работу с текстом по алгоритму, в основе которого лежит анализ личного восприятия текста учеником.

Шаг 1. Читаю правило и отвечаю на вопрос «Я понял, о чем говорится в правиле, я понял его смысл?». Если ответ «Нет», перехожу на следующий шаг.

Шаг 2. Читаю первое предложение и отвечаю на вопрос «Мне понятно, о чем говорится в предложении, мне понятен его смысл?». Если ответ «Нет», перехожу на следующий шаг.

Шаг 3. Я читаю первое слово в первом предложении и отвечаю на вопрос «Мне понятен смысл этого слова?». Если ответ «Нет», я должен обратиться к толковому словарю, понять смысл слова и поставить это слово в разные контексты, дополнить примеры из толкового словаря собственными иллюстрациями, подбираю к нему синонимы. Я выписываю это слово в свой словарь, пишу к нему определение, синонимы, антонимы, привожу примеры словосочетаний и предложений.

Шаг 4 и все последующие. Аналогично анализирую все слова первого предложения, затем перехожу снова на шаг 2 алгоритма (читаю все предложение целиком и отвечаю на вопрос). Если ответ на вопрос снова «Нет», я должен перейти на шаг 3, еще раз вдуматься в смысл непонятных мне изначально слов, затем выделить в предложении словосочетания и понять их смысл. Я могу попросить помощь у учителя или товарищей. Только после того, как смысл анализируемого предложения мне становится понятен, я приступаю к анализу второго предложения текста правила.

Заключительный шаг. Я читаю текст всего правила целиком и снова отвечаю на вопрос «Я понял, о чем говорится в правиле, я понял его смысл?».

Работа по данному алгоритму на первом этапе требует со стороны учителя-логопеда тесной совместной работы с учеником, которая заключается в помощи организации работы с толковым словарем, в разборе значений многозначных слов, в подборе синонимов, в составлении словосочетаний. Постепенно ученик приобретает опыт работы со справочной литературой, начинает свободно комбинировать слова в их сочетаниях, постигает природу многозначности, выстраивает собственную систему лексических отношений. На втором этапе работы

по данному алгоритму дети проявляют уже относительную самостоятельность.

Анализ семантической структуры текста является процессом, требующим от ученика большой скрупулезности и внимательного отношения к собственному речевому опыту. Семантика текста зависит от понимания отдельных его компонентов и требует постоянного увеличения индивидуального лексикона ученика, а также расширения семантических полей уже закрепленных лексем в его личном словаре. Основными задачами, стоящими перед учителем-логопедом на данном этапе, являются формирование у ученика внимательного отношения к каждому слову в тексте, выявление всех единиц текста, которые вызывают сложность на уровне понимания, и обучение ученика самостоятельно разрешать все сложности, связанные с пониманием прочитанного как на уровне отдельных слов, так и на уровне всего текста в целом.

Постепенно у школьников с тяжелыми нарушениями речи вырабатывается привычка выявлять и разъяснять для себя все непонятные слова (со временем таких слов в текстах правил, которые встречаются в учебнике русского языка, становится все меньше), кроме того, расширяются их речевые возможности как на уровне восприятия текста, так и на уровне его производства.

### Заключение

После проведения нашей экспериментальной работы мы провели итоговую диагностику и сделали анализ ее результатов. Низкий уровень показали 10% школьников, которые после объяснений не смогли снова справиться с предложенным заданием. Уровень ниже среднего показали 20% детей. 50% школьников продемонстрировали средний уровень анализа семантической структуры текста. Высокий уровень понимания, анализа и синтеза смысла текста правила мы отметили у 20% детей.

Таким образом, по итогам проведенной нами диагностики выявлено, что школьники с тяжелыми нарушениями речи показали положительную динамику формирования навыка анализа семантической структуры текста после проведенной нами работы. У школьников все еще присутствуют, но уже в гораздо меньшей степени, затруднения, связанные с пониманием текста. Основываясь на полученных результатах, мы можем сделать вывод об эффективности нашей работы. Перспективы исследования мы видим в расширении и углублении у школьников с тяжелыми нарушениями речи навыков анализа структуры текста с точки зре-

ния его семантики как на примере научных текстов (т.е. тех текстов, которые содержат различные научные понятия, например лингвистические или из области точных наук; к таким текстам могут относиться как формулировки правил, так и статьи учебников или периодических изданий), так и на примере текстов художественной литературы.

#### Список литературы

1. Авдоница А.Ю. Организация словарно-семантической работы в начальной школе на основе определения словаря зон агнонимического риска // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. №3 (28). С. 248-250.
2. Валявко С.М., Шулекина Ю.А. Особенности смыслового восприятия слова детьми с нарушениями речевого развития // Специальное образование. 2013. № 3. С. 14-31.
3. Величенкова О.А., Русецкая М.Н. Логопедическая работа по преодолению нарушений чтения и письма у младших школьников. М.: Национальный книжный центр, 2015. 320 с.
4. Гальперин И.Р. Текст как объект лингвистического исследования. М.: КомКнига, 2007. 144 с.
5. Ефименко Т.В. О метафоризации пространственной лексики в структуре предложения // Известия ВГПУ. Серия: «Филологические науки». 2013. № 6 (81). С. 86-88.
6. Ключко К.А., Яшманова Л.В. О некоторых аспектах исследования двухкомпонентных высказываний // Известия ВГПУ. Серия: «Филологические науки». 2013. № 6 (81). С. 89-92.
7. Леонтьев А.А. Психолингвистические единицы и порождение речевого высказывания. М.: КРАСАНД, 2014. 312 с.
8. Павлова Д.С. Вариативность семантической структуры устного спонтанного текста в зависимости от возраста говорящих // Филологические заметки. 2018. Т. 1. № 16. С. 169-181.
9. Павлова Д.С. Методы исследования семантической структуры устного спонтанного текста // Историческая и социально-образовательная мысль. 2016. Т. 8. №5/1. С. 213-229.
10. Романенко К.О. Психолингвистические аспекты изучения формирования у детей младшего школьного возраста с общим недоразвитием речи навыков структурно-семантического анализа текста // Международный студенческий научный вестник. 2016. 5 с.
11. Сергеева О.В., Снигирева К.А. Специфика логопедической работы по формированию глагольного словаря у детей младшего дошкольного возраста с общим недоразвитием речи II уровня // Актуальные вопросы современной науки и образования: материалы XVII международной научно-практической конференции. (Киров, 17-20 апреля 2018 года). Киров: Московский финансово-юридический университет МФЮА, 2018. С. 418-424.

УДК 377.1

## МЕТОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВНЕДРЕНИЯ ОСНОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖЕЙ

**Бурлева Л.Г., Федорова О.Б.***ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, Курган, e-mail: geograf@kgsu.ru*

Обеспечение устойчивого развития общества и природы подразумевает взаимосвязанную минимизацию негативного воздействия как окружающей среды на человека, так и деятельности человека на окружающую природную среду. В статье рассматривается проблема организации процесса профессиональной подготовки обучающихся в системе среднего профессионального образования с внедрением в содержание подготовки и ее методику блока «Экологическая безопасность в профессиональной деятельности газовщика». Рассмотрена методическая система реализации внедрения данного блока в образовательный процесс, включающая содержательно-целевой компонент, технология его реализации. К основным целям образовательного процесса отнесены когнитивные и аффективные цели организации данного процесса. Технологический компонент представлен в виде девятиэтапного алгоритма организации освоения основ экологической безопасности. В эксперименте приняли участие обучающиеся с 1-го по 3-й курс направления подготовки 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения Курганского государственного колледжа. В статье показаны некоторые результаты педагогического эксперимента в его динамике – на констатирующем и формирующем этапах. Студенты-газовики готовы в большей степени к выполнению профессиональных функций с применением полученных знаний в области экологической безопасности и устранению опасностей, которые могут возникнуть в ходе монтажа и эксплуатации газового оборудования и систем газоснабжения. Результаты проведенного педагогического эксперимента подтверждают эффективность разработанной методической системы внедрения основ экологической безопасности в профессиональную подготовку специалиста среднего звена.

**Ключевые слова:** основы экологической безопасности, подготовка студентов колледжа, методическая система

## METHODOLOGICAL SYSTEM OF INTRODUCING THE BASIS OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE VOCATIONAL TRAINING OF COLLEGE STUDENTS

**Burleva L.G., Fedorova O.B.***Kurgan State University, Kurgan, e-mail: geograf@kgsu.ru*

Ensuring the sustainable development of society and nature implies the interconnected minimization of the negative impact of both the environment on humans and the impact of human activities on the natural environment. The article poses the problem of organizing the process of professional training of students in the system of secondary vocational education with the introduction of the block «Environmental safety in the professional activities of a gas worker» into the content of training and its methodology. The methodical system for implementing the implementation of this block in the educational process, including the content-target component, the technology for its implementation, is considered. The main goals of the educational process include cognitive and affective goals of the organization of this process. The technological component is presented in the form of a nine-stage algorithm for organizing the development of the fundamentals of environmental safety. The experiment was attended by students from the 1st to 3rd year of training direction 08.02.08 – «Installation and operation of equipment and gas supply systems» of the Kurgan State College. The article shows some results of the pedagogical experiment in its dynamics – at the ascertaining and forming stages. Gas students are more prepared to perform professional functions using the acquired knowledge in the field of environmental safety and the elimination of hazards that may arise during the installation and operation of gas equipment and gas supply systems. The results of the conducted pedagogical experiment confirm the effectiveness of the developed methodological system for introducing the fundamentals of environmental safety into the professional training of a mid-level specialist.

**Keywords:** fundamentals of environmental safety, training of college students, methodological system

Изучение аспектов экологической безопасности сегодня становится все более актуальным, так как обеспечение устойчивого развития общества и природы подразумевает минимизацию негативного воздействия как окружающей среды на человека, так деятельности человека на окружающую природную среду [1]. Анализ данных за 2020 г., предоставленных Департаментом международного и регионального сотрудничества, позволил нам подтвердить пред-

положение о том, что обеспечение безопасности жизни и здоровья человека вышло на передний план, считается приоритетным направлением.

В этом плане одной из важных задач государства выделена минимизация социально-техногенно-природных угроз для жизни и здоровья человека.

С целью решения поставленной задачи необходимо уделять внимание экологическому образованию и просвещению

населения с уклоном на изучение основ экологической безопасности, выраженной в знаниях, умениях, ценностных ориентирах и установках, а также в осмысленной и риск-ориентированной деятельности личности в окружающей среде, а именно осуществлять в системе непрерывного экологического образования (дошкольное, школьное, профессиональное, высшее) формирование основ экологической безопасности, под которой имеется в виду понимание и умение оценить потенциальную опасность, предвидеть и предупредить вероятность возникновения опасности, умение избегать опасности [2].

Формирование основ экологической безопасности актуально и для системы среднего профессионального образования, так как будущий специалист согласно Федеральному государственному образовательному стандарту среднего профессионального образования должен обладать компетенциями в области экологической безопасности и уметь их применять в своей профессиональной и повседневной деятельности. Согласно этому есть необходимость включения актуальных аспектов экологической безопасности в учебные дисциплины при подготовке данных специалистов.

Цель исследования – теоретически обосновать методическую систему формирования основ экологической безопасности у студентов колледжа технического направления подготовки, разработать модель формирования основ экологической безопасности студентов колледжа, реализовать ее на практике.

#### **Материалы и методы исследования**

Анализ имеющегося теоретико-практического опыта по проблеме исследования, анализ нормативно-правовой базы по теме исследования; моделирование научно-методической системы, проектирование, методы эколого-педагогического эксперимента, статистическая и графическая обработка данных в ходе исследования.

В качестве теоретико-методологической основы исследования проанализированы работы следующих авторов: Е.П. Богдановой, Г.В. Иванцовой, Т.А. Куприяновой, Н.П. Несговоровой, В.Г. Савельева, касающиеся основ экологической культуры, безопасности и технологий ее формирования [3, 4], Л.А. Павловой о современных вызовах общества к будущим специалистам технических направлений подготовки СПО [5], Е.В. Емец, Н.Н. Михайловой о теоретическом обосновании понятия «экологическая ответственность» у студентов технических направлений подготовки [6], Л.С. Астафье-

вой, Л.Г. Зялаевой о важности формирования экологической культуры, ответственного отношения к деятельности в окружающей среде, привития императивов будущим специалистам, позволяющих человеку анализировать свои действия и поступки [7, 8].

Исследование проводилось с опорой на нормативные документы, в том числе на Национальный проект «Образование», учрежденный Министерством просвещения Российской Федерации, реализация которого подразумевает достижение следующих задач: развитие цифрового и технического образования (ориентир на подготовку специалистов технического профиля); разработка образовательных программ профессионального образования в интересах устойчивого развития общества и природной среды; применение развивающего практико-ориентированного обучения в средних общеобразовательных учреждениях, учреждениях среднего профессионального и высшего образования (подготовка специалистов с применением развивающих технологий обучения).

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения регламентирует требования к образовательным программам, учебным модулям в плане содержания основ естественно-научных знаний и умений их применять [9]. Опора на данные нормативные документы позволяет осуществлять профессиональную подготовку по специальности 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения согласно ФГОС СПО с ориентацией на формирование естественно-научных знаний, входящих в перечень общих и профессиональных компетенций.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Проанализировав Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования, мы пришли к выводу, что к общим компетенциям (ОК) любого направления подготовки, ориентированным на формирование основ экологической безопасности, относятся следующие [9]:

- знать и уметь оценивать риски в своей профессиональной и повседневной жизнедеятельности (экономические, экологические, социальные, личные);
- содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;
- осуществлять профилактику травматизма, обеспечивать охрану жизни и здоровья;

– проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

К профессиональным компетенциям выпускника по направлению подготовки 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения относят следующие (ПК) [9]:

– организовывать и выполнять работы по строительству и монтажу систем газораспределения и газопотребления в соответствии с правилами и нормами по охране труда, требованиями пожарной безопасности и охраны окружающей среды;

– организовывать, проводить и контролировать работы по эксплуатации систем газораспределения и газопотребления (осуществлять планировочные и ремонтные работы).

Перечисленные выше профессиональные компетенции могут стать базой при формировании основ экологической безопасности у обучающихся по рассматриваемому направлению подготовки. Знание и умение организовать и выполнять планировочные, проектировочные и ремонтные работы газового оборудования способствуют предупреждению опасных ситуаций, которые могут возникнуть в ходе монтажа и эксплуатации газового оборудования.

Для эффективного формирования установленных во ФГОС компетенций по данному направлению нами определены когнитивные и аффективные цели управления профессиональной подготовкой по формированию основ экологической безопасности у студентов колледжа.

*Когнитивные цели* направлены на:

– создание образовательных условий в ходе профессиональной подготовки студентов СПО по освоению знаний экологической безопасности;

– освоение студентами установленных ФГОС СПО компетенций, а также применение студентами умений использовать изученное содержание в условиях производственной (профессиональной) деятельности;

– формирование умений проектно-исследовательской деятельности;

– формирование у студентов колледжа умений анализа (разбивать изучаемый материал на составные части, выделять его структуру, взаимосвязи между отдельными элементами выделенной структуры);

– применение умений синтеза в учебной и будущей профессиональной деятельности (комбинировать любые элементы, чтобы получать единое целое).

*Аффективные цели* формирования основ экологической безопасности направле-

ны на формирование субъектно-непрагматического отношения к природе, обществу и человеку.

Таким образом, в ходе профессиональной подготовки обучающийся по направлению 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения должен научиться решать следующие задачи:

– уметь связать изучаемый материал с вопросами охраны природной, социальной и техногенной среды;

– решать социально-экологические значимые проблемы, владеть умениями экологически безопасной деятельности (уметь применять основные методы и средства защиты от негативного воздействия на окружающую среду / жизнь и здоровье человека при монтаже/обслуживании газового оборудования; уметь предвидеть опасность возникновения ЧС от газового оборудования при определенных отклонениях работы данного оборудования; уметь своевременно устранять неполадки в работе газового оборудования).

Для того чтобы обучающийся научился решать перечисленные выше задачи, необходимо в профессиональной подготовке выстроить методику обучения [10, 11], которая включает следующий алгоритм поэтапной проектно-исследовательской деятельности.

**Этап 1 – Выявление значимой проблемы** – проводится в процессе дискуссии на основе имеющегося багажа знаний и анализа материалов из различных источников информации [12]. С этой целью дается домашнее задание по сбору материала по обсуждаемой теме. Дискуссия проводится по выявленным жизненно важным вопросам для специалистов в области газоснабжения, например:

1. Как сохранить воду водоемов чистой и пригодной для употребления при проведении газопроводов?

2. Как добиться, чтобы атмосфера была чистой, пригодной для здоровой жизни при использовании природного газа?

**Этап 2 – Определение темы** путем постановки проблемных вопросов (индивидуально или всей группой).

**Этап 3 – Разбивка темы на части для нахождения путей решения выделенной (обособленной) проблемы посредством постановки ситуационной и кейс-задачи.**

*Пример ситуационной задачи:* В многоквартирном жилом доме провели газификацию квартир, но собственники жилых помещений выражают свое недовольство, так как один из жильцов заметил и установил, что газификация проведена с нарушениями. Как вы считаете, чем опасен природный газ, если газификация проведена с нарушения-

ми? Приведите примеры вариантов опасных ситуаций, которые могут возникнуть в данном жилом доме.

*Пример кейс-задачи:* инженер по газовому оборудованию Сергей Бузлуков, проводя проверку газового оборудования, обнаружил в одной из квартир утечку природного газа. Какие должны быть предприняты срочные меры по устранению утечки природного газа? Как не допустить дальнейшей утечки газа и не подвергнуть всех жильцов опасности? Предложите теоретические и технологические (технические) пути решения данной проблемы.

**Этап 4 – Выдвижение гипотез и обоснование выбранного пути решения проблемы.**

Выдвижение гипотез двух типов: идейная (не требующая экспериментальной проверки) и задачная.

Для обоснования выбранного пути решения проблемы можно применить метод минимакса. Данный метод представляет собой дидактический метод, основанный на решении физико-математических и инженерно-экологических задач с обоснованием всех путей решения, а также на пояснении каждого шага (алгоритма) решения задачи для аргументации правильности выбранного пути решения данной задачи.

*Пример задачи, основанный на методе минимакса:* Опишите возможные варианты устранения утечки природного газа в бытовых условиях. Оцените вероятность возникновения взрыва природного газа при его минимальной утечке либо при нормальном его потреблении. Для представления вариантов решения задачи примените метод математической вероятности и обоснуйте все возможные варианты возникновения, а также последствия после утечки/аварии/взрыва природного газа в бытовых условиях.

Метод минимакса позволяет обосновать варианты решений с математической, инженерной, а также экологически обоснованной точки зрения, тем самым впоследствии даст возможность построить теоретико-математические модели решения проблемы.

**Этап 5 – Проектно-аналитический.**

На данном этапе можно применить метод хакатона. Метод хакатона представляет собой определенно структурированную проектно-аналитическую деятельность обучающихся [13]. Проектно-аналитическая деятельность – это деятельность обучающихся по изучению, исследованию, анализу и представлению решений (продукта деятельности) по определенно заданной проблеме/задаче/идее [14].

Метод хакатона подразумевает распределение ролей участников. Так, преподаватель выступает в роли модератора об-

разовательного процесса в ходе хакатона, а обучающиеся примеряют на себя различные роли: эксперта, заказчика, разработчика задачи/проблемы/идеи, инженера-конструктора, эксперта-эколога и др.

Применение метода хакатона на занятиях осуществляется следующим образом:

– модератором (преподавателем) оглашается цель занятия и предлагается обучающимся разделиться на проектно-аналитические команды, в которых будут эксперты, разработчики, заказчики, проектировщики, аналитики и др. (роли могут определить сами обучающиеся);

– происходят обособление проектно-аналитических команд и их работа. Работа в командах распределяется согласно выбранным ролям. В большей степени работа носит самостоятельный характер, что дает возможность обучающимся проявить свои творческие способности, а также развить ответственное отношение к выполнению поставленных перед ними задач;

– выдвижение актуальных проблем по заданной цели модератором процесса, обсуждение идей и путей решения поставленных проблем / проблемных задач;

– самостоятельная проектно-аналитическая деятельность обучающихся по разработке продукта деятельности, который представляет собой теоретико-конструктивное решение поставленных проблемных задач;

– представление и защита продукта проектно-аналитической деятельности. Продукт проектно-аналитической деятельности должен соответствовать следующим требованиям: быть максимально приближен к реальности, быть обоснованным с позиции экономической, экологической и социальной эффективности и значимости, представлять собой модель/конструкт/чертеж/схему/ теоретически описанную технологию и др.

**Этап 6 – Конструктивно-планировочный.** На данном этапе осуществляются составление плана действий и построение черновых чертежей, схем в форме конструктивных идей. Для осуществления деятельности на данном этапе организуется самостоятельная творческая деятельность студентов (*проведение рабочих мастерских*), которая направлена на решение поставленной перед ними задачи [15].

**Этап 7 – Моделирование.** Построение и обоснование теоретической модели.

**Этап 8 – Реализация проекта.** На данном этапе осуществляется выполнение практической части исследования, а именно проведение эксперимента, наблюдения, опытной работы с использованием методов

биомониторинга, физико-химических методов исследования, оформление проведенного исследования в проект.

**Этап 9 – Презентация проекта.**

Презентация проекта представляет собой процедуру защиты разработанного и обоснованного продукта деятельности – оформленного проекта. Оценку проекту могут дать как приглашенные специалисты, так и преподаватель либо непосредственно сами обучающиеся.

Представленные нами методы и формы работы с обучающимися колледжа/техникума по формированию основ экологической безопасности могут позволить привить обучающимся четкие установки оценки и прогноза опасных и чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть. В жизни и в дальнейшей профессиональной деятельности это позволит не просто избежать данных ситуаций, а принимать обдуманные, ответственные решения по их недопущению и их ликвидации.

В ходе исследования нами проведен эколого-педагогический эксперимент. В эксперименте приняли участие обучающиеся с 1-го по 3-й курс направления подготовки 08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения Курганского государственного колледжа.

На констатирующем этапе эксперимента проведен входной контроль (анкетирование с самооценкой обучающихся и оценкой педагога в процессе наблюдения за действиями студентов и анализа ответов) по выявлению имеющихся знаний и умений у студентов 1-го курса данного направления подготовки. Оценка проводилась по следующим параметрам: знание основных эко-

логических понятий, знание основных факторов экологической опасности, знание о влиянии окружающей среды на жизнь и здоровье человека, умение экологически безопасной деятельности, умение принимать самостоятельные решения, умение критически мыслить, логически и обоснованно рассуждать, умение рефлексивно оценивать свою деятельность (рис. 1).

По результатам констатирующего этапа эксперимента мы выяснили, что у большинства студентов не сформированы знания и умения в области экологической безопасности. Знания опосредованы, так как большинство обучающихся пришли после 9-го класса и в школе отдельного предмета «Экология» не изучали. Согласно результатам констатирующего эксперимента нами принято решение применить разработанный алгоритм поэтапной проектно-исследовательской деятельности у студентов 1-го и 2-го курса обучения.

На формирующем этапе эксперимента реализовалась работа по внедрению разработанного алгоритма формирования основ экологической безопасности у студентов в процессе усвоения содержания предметов профессионального цикла, на которое накладывалось дополнительное содержание экологической направленности.

По окончании этапа нами проведен промежуточный контроль. На итоговом этапе проведен итоговый контроль. На итоговом этапе диагностика сформированности основ экологической безопасности у обучающихся включала в себя тестовые, практические задания, решение задач (ситуационных, кейс-задач), а также анализ результатов курсового проектирования.



Рис. 1. Первоначальный уровень знаний, умений по основам экологической безопасности у обучающихся 1-го курса (кол-во человек, в %)



Рис. 2. Результаты итогового контроля у студентов 3-го курса обучения (кол-во человек, в %)

Формирующий этап эксперимента состоял из двух этапов, включающих обучение (второе полугодие 1-го курса, 2-й курс) и итоговый этап (3-й курс обучения). Результаты итогового контроля показали, что больше половины обучающихся 3-го курса (60%) освоили основы экологической безопасности в ходе профессиональной подготовки (рис. 2). Наибольшие затруднения у обучающихся в ходе освоения проектно-исследовательской деятельности возникли на этапе конструктивно-планировочном и при построении моделей. Обучающиеся справляются с теоретическими задачами, а конструкторские и модельные вызывают большие затруднения и без помощи преподавателя не выполняются. Также затруднение у обучающихся вызвало обоснование путей решения проблемы с позиции эколого-социальной направленности. При этом студенты отмечают, что системы газификации могут оказывать негативное влияние на состояние окружающей среды, быть причиной крупных техногенных аварий вследствие безответственной профессиональной деятельности специалистов-газовиков.

### Выводы

В ходе исследования мы пришли к следующим выводам:

– разработанный технологический компонент методической системы в виде алгоритма проектно-исследовательской деятельности по освоению основ экологической безопасности эффективен, но этапы конструирования и моделирования вызывают затруд-

нения, в частности у студентов 1-го и 2-го курса обучения;

– студенты колледжа основным фактором опасности для окружающей среды называют человека и его безответственную деятельность;

– студенты-газовики готовы в большей степени к выполнению профессиональных функций с применением полученных знаний в области экологической безопасности и устранению опасностей, которые могут возникнуть в ходе монтажа и эксплуатации газового оборудования и систем газоснабжения;

– результаты проведенного педагогического эксперимента подтверждают эффективность разработанной методической системы внедрения основ экологической безопасности в профессиональную подготовку специалиста среднего звена.

### Список литературы

1. Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Богданова Е.П., Иванцова Г.В. Экологические риски как показатель взаимоотношений с природой и сформированности культуры экологической безопасности людей // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24927> (дата обращения: 09.09.2022).

2. Алекина Е.В., Сорокина Л.В. Формирование культуры экологической безопасности у студентов технических вузов // Science time. 2016. № 2 (26). С. 29-33.

3. Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Иванцова Г.В., Богданова Е.П., Недоромогедов Г.Г. Формирование культуры экологической безопасности: содержательно-методический аспект // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11995> (дата обращения: 11.09.2022).

4. Куприянова Т.С., Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Визуальная среда как средство воспитания экологической культуры // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10446> (дата обращения: 10.09.2022).
5. Павлова Л.А. Психолого-педагогическое сопровождение студентов СПО в процессе формирования культуры экологической безопасности. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.infouroki.net/metodicheskaya-razrabotka-na-temu-psihologo-pedago-3063.html> (дата обращения: 06.09.2022).
6. Емец Е.В., Михайлова Н.Н. Дидактический комплекс формирования экологической ответственности студентов технического вуза // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 3-2. С. 273-276.
7. Астафьева Л.С. Формирование экологической культуры студентов технических колледжей: дис. ...канд. пед. наук. Москва, 2001. 24 с.
8. Зялаева Р.Г. Формирование профессиональной ответственности за экологическую безопасность производства у будущего специалиста технического профиля: дис. ...канд. пед. наук. Москва, 2001. 26 с.
9. Приказ Министерства образования и науки РФ от 05 февраля 201 г. N 68 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования» по специальности 08.02.08 «Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения». [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/c707bfc27fa0def3f62e1634e6ab7dd0/download/899/> (дата обращения: 02.09.2022).
10. Картавых М.А., Веряскина М.А. Педагогические условия изучения студентами проблем обеспечения экологической безопасности // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15636> (дата обращения: 24.08.2022).
11. Суютин Д.Б., Фиалко А.И. Экологическая безопасность: методы обучения студентов педагогического вуза // *Концепт*. 2016. Т. 24. С. 181–185.
12. Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Эколого-педагогическая деятельность в системе непрерывного профессионального образования // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26771> (дата обращения: 25.08.2022).
13. Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Богданова Е.П., Бурлева Л.Г. Методика организации аналитико-проектной деятельности в формате хакатона по разработке социоориентированных продуктов студентами естественно-научных направлений // *Современные наукоемкие технологии*. 2020. № 5. С. 206-212.
14. Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Бурлева Л.Г. Аналитико-проектная практико-ориентированная деятельность и алгоритм профессиональной подготовки к ней бакалавров // *Современные наукоемкие технологии*. 2020. № 9. С. 189-193.
15. Богданова Е.П., Несговорова Н.П., Савельев В.Г. Конструктивная деятельность обучающихся на занятиях по экологической безопасности // *Современные наукоемкие технологии*. 2017. № 10. С. 90-94.

УДК 378:004.051

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Воронов М.П., Часовских В.П.**

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург,  
e-mail: mstrk@yandex.ru*

В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности электронных образовательных систем вузов. На основе анализа существующих подходов, методов и показателей оценки эффективности авторы предлагают комплексный методологический подход, включающий как анализ показателей коммерческой эффективности университета, так и показатели качества преподавания с использованием электронной образовательной системы с точки зрения полезности для обучающихся. Разработанный авторами методологический подход позволяет существенно повышать качество управления вузом или иной обучающей организацией или системы и более эффективно выстраивать стратегию развития, выбирая самые современные и наиболее эффективные системы обучения, максимизируя при этом прибыль и другие показатели коммерческой эффективности. Кроме того, анализируются условия, затрудняющие использование разработанной авторами методологии комплексного управления, и предлагаются вспомогательные методы для оценки эффективности учебного процесса и эффективности электронной образовательной системы при преподавании определенной дисциплины. Предлагаемая методика может быть применима в полном объеме или частично к оценке как электронных образовательных систем в целом, так и к оценке отдельных методик обучения и обучающих средств как в государственных, так и частных обучающих организациях.

**Ключевые слова:** электронные образовательные системы, информационные системы, оценка эффективности

## METHODOLOGY FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ELECTRONIC EDUCATIONAL SYSTEMS

**Voronov M.P., Chasovskykh V.P.**

*Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: mstrk@yandex.ru*

The article discusses the issues of evaluating the effectiveness of electronic educational systems of universities. Based on the analysis of existing approaches, methods and performance evaluation indicators, the authors propose a comprehensive methodological approach, including both an analysis of the university's commercial efficiency indicators and indicators of the quality of teaching using an electronic educational system in terms of usefulness for students. The methodological approach developed by the authors allows significantly improve the quality of management of a university or other training organization or system and more effectively build a development strategy by choosing the most modern and most effective training systems, while maximizing profits and other indicators of commercial efficiency. In addition, the conditions that make it difficult to use the methodology of integrated management developed by the authors are analyzed, and auxiliary methods are proposed to assess the effectiveness of the educational process and the effectiveness of the electronic educational system when teaching a certain discipline. The proposed methodology can be applied in full or in part to the evaluation of both electronic educational systems as a whole, and to the evaluation of individual teaching methods and training tools in both public and private training organizations.

**Keywords:** electronic educational systems, information systems, efficiency assessment

В настоящее время сфера применения средств вычислительной техники в образовании постоянно расширяется. В образовательном процессе использование современных информационных технологий становится средой функционирования учебного процесса и ведет к становлению новых образовательных технологий, получаемых, например, в сочетании дистанционного обучения и педагогического тестирования на основе образовательных стандартов.

Также наблюдается тенденция к формированию единого структурированного образовательного информационного пространства, как некоторой информационной среды, в которую человек попадает с момента начала его обучения в начальной школе, и которая сопровождает его на протяжении жизни в образовательной, профессиональной и прочих видах деятельности.

В разрезе данного тренда создано множество обучающих информационных систем, больших и малых, технологии которых используются в настоящее время в вузах в рамках электронных информационно-образовательных сред (ЭИОС).

Интенсификация использования электронного обучения и дистанционных образовательных технологий обусловлена следующими их свойствами:

- позволяют снижать затраты на организацию учебного процесса;
- обеспечивают возможность обучения из любой точки мира в удобное время;
- могут использоваться в экстренных ситуациях (например, в случае пандемии COVID-19).

Однако не все электронные обучающие системы равноценны. Они обладают различным функционалом, наглядностью, сложно-

стью, инерционностью и т.д. Как следствие, и качество обучения в них различно. Таким образом, приобретает актуальность сравнительный анализ и оценка эффективности электронных образовательных систем.

Цель исследования: на основе анализа методов оценки эффективности информационных систем разработка наиболее адекватного в современных реалиях метода для оценки эффективности электронных образовательных систем.

#### Материал и методы исследования

Проблема оценки эффективности информационных систем достаточно хорошо изучена. На предмет эффективности и возможности использования в конкретных ситуациях анализируются такие методы, как метод функциональной точки [1], котловой метод [1], совокупная стоимость владения [2; 3], потребительский индекс [1; 2], экономическая добавленная стоимость [1; 2; 4], источник экономической стоимости [1; 2], среднеотраслевые результаты [1], модель совокупного экономического эффекта [4], Гартнер-измерение [1; 2], функционально-стоимостной анализ [1], метод последовательных уступок [5], метод анализа иерархий [5], экспертный метод [6], оценка на основе анализа рисков [7] и другие. Эти методы направлены на выявление в конечном счете экономического эффекта, который достигается за счет внедрения или использования информационной системы.

Однако, применительно к образовательным информационным системам, использование этих методов является не совсем оправданным, поскольку не учитывается качество обучения в системе – эффективность информационной системы с точки зрения обучающихся.

Оценка эффективности обучения часто базируется на модели Киркпатрика, предложенной еще в 1959 году и весьма эффективно используемой [8-10]. Но данная модель, как и ее усовершенствованная модификация [11], напрямую не учитывают эффект от использования образовательной информационной системы, получаемый обучающей организацией.

Наибольший интерес для обучающихся организаций, по нашему мнению, представляют такие образовательные информационные системы, которые позволяют обеспечивать высокий уровень качества обучения с одновременным повышением экономического эффекта, считаем, что и эффективность образовательных информационных систем следует учитывать посредством комплексного показателя, учитывающего и качество обучения, и экономическую эффективность.

Авторы предлагают для оценки эффективности образовательных информационных систем вуза использовать «комплексный индекс полезности электронной информационно-образовательной среды» (КИП ЭИОС), включающий, с одной стороны, показатели «полезности ЭИОС для обучающихся» (согласно усовершенствованной модели Киркпатрика), и с другой – показатели экономической эффективности от использования системы для вуза.

Усовершенствованная методика проведения оценки эффективности обучения [11] включает показатели:

1. Оценка реакции слушателей посредством анализа листов реагирования или анкетирования.

2. Оценка знаний и навыков посредством профессионального тестирования или экзаменов.

3. Оценка поведения после обучения посредством субъективной оценки в ходе, например, собеседования в стиле коучинг или мозгового штурма по проблемам коллектива.

4. Проверка владения полученными навыками путем обучения других сотрудников.

5. Оценка практических навыков путем выполнения типового задания.

6. Оценка влияния программы обучения – измерение целевого показателя, для улучшения которого проводилось обучение (улучшение качества, увеличение производительности труда персонала, увеличение продаж и др.).

Оценку реакции слушателей предлагается осуществлять при помощи следующего индекса:

$$I_{lr} = Q_s / n, \quad (1)$$

где  $Q_s$  – количество обучаемых, довольных результатами обучения;

$n$  – количество всех обучаемых, прошедших программу.

Оценку знаний и навыков предлагаем осуществлять аналогичным образом:

$$I_{ks} = Q_p / n, \quad (2)$$

где  $Q_p$  – количество обучаемых, успешно прошедших тестирование.

Оценку поведения после обучения предлагаем производить следующим образом:

$$I_b = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n} \cdot b, \quad (3)$$

где  $r_i$  – субъективная оценка, выставленная  $i$ -му обучаемому по результатам испытания в баллах;

$b$  – максимальное количество баллов в выбранной системе оценок.

Авторы считают, что проверку владения полученными навыками путем обучения других сотрудников можно осуществить путем тестирования обучаемых сотрудников посредством тех же самых проверочных заданий, которые использовались при оценке знаний и навыков обучаемых, прошедших программу:

$$I_{ss} = Q_{ps} / Q_{ts}, \quad (4)$$

где  $Q_{ps}$  – количество сотрудников, успешно прошедших тестирование;

$Q_{ts}$  – количество всех сотрудников, обучившихся у прошедших первоначальную программу.

Оценку практических навыков путем выполнения типового задания предлагаем осуществлять как:

$$I_{tt} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{100}}{n}, \quad (5)$$

где  $m_i$  – процент выполнения типового задания  $i$ -м обучаемым.

Оценку влияния программы обучения предлагаем производить на основе процента выполнения плана по целевому показателю, ради которого проводилось обучение:

$$I_t = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta V_{fi}}{\Delta V_p}, \quad (6)$$

где  $\Delta V_f$  – фактическое изменение целевого показателя по  $i$ -му обучаемому;

$\Delta V_p$  – плановое изменение целевого показателя.

Последние 3 показателя (проверка владения полученными навыками, оценка практических навыков и оценка влияния программы обучения) целесообразно использовать при обучении не студентов, а действующих сотрудников организаций или промышленных предприятий, например, в рамках повышения квалификации.

Таким образом, итоговую оценку ЭИОС для обучающихся предлагаем осуществлять по формуле:

$$I_S = I_{lr} \cdot I_{ks} \cdot I_b \cdot I_{ss} \cdot I_{tt} \cdot I_t. \quad (7)$$

В качестве показателей эффективности ЭИОС для вуза предлагаем использовать следующие, являющиеся, с нашей точки зрения, наиболее важными:

1. Увеличение (или снижение) прибыли при использовании ЭИОС за счет увеличения (или снижения) оплаты за обучение.

2. Снижение затрат на сопровождение учебного процесса за счет электронного документооборота и сокращения накладных

расходов (электричество, теплоэнергия в аудиториях и т.д.).

3. Рост количества обучаемых. Вследствие использования ЭИОС снижается влияние территориальной удаленности обучаемых, т.о., теоретически большее количество обучаемых может быть привлечено.

4. Рост производительности за счет использования ЭИОС. За счет совершенствования процессов сдачи, проверки, выдачи работ, выставления оценок и т.д. большее количество работ может быть проверено в единицу времени. Аналогично, большее количество студентов может быть обучено в единицу времени.

Важно также разделять и учитывать как стоимость ЭИОС, так и ежегодные затраты на ее эксплуатацию и содержание (включая трудоемкость создания учебных материалов). Существуют относительно недорогие системы с высокими эксплуатационными расходами, и наоборот.

Таким образом, эффективность ЭИОС для вуза можно оценить, вычислив следующий индекс:

$$I_U = \frac{\Delta P \cdot \Delta Q + \Delta C_{sp} \cdot t + \Delta E}{C_{sw} + C_{so} \cdot t}, \quad (8)$$

где  $\Delta P$  – изменение ежегодной прибыли при использовании ЭИОС за счет изменения оплаты за обучение;

$\Delta C_{sp}$  – изменение ежегодных затрат на сопровождение учебного процесса;

$t$  – предполагаемый срок эксплуатации ЭИОС;

$C_{sw}$  – стоимость приобретения (проектирования) ЭИОС;

$C_{so}$  – ежегодные затраты на эксплуатацию и содержание ЭИОС (включая ежегодные затраты на создание учебных материалов);

$\Delta E$  – изменение производительности за счет использования ЭИОС, выраженное в стоимостных единицах;

$\Delta Q$  – изменение численности обучаемых при использовании ЭИОС.

Комплексный индекс полезности электронной информационно-образовательной среды можем вычислять по формуле:

$$I_E = I_S \cdot I_U. \quad (9)$$

Данная методика представляется более адекватной при проведении оценки эффективности ЭИОС как таковой, поскольку учитывает как экономическую эффективность ее применения, так и эффективность обучения на ее основе. Поскольку возможна ситуация, когда, согласно формуле (9), снижение эффективности обучения в ЭИОС может быть компенсировано повышением

экономической эффективности, и наоборот, а также принимая во внимание, что в интересах обучающей организации использовать как минимум безубыточные системы, предлагается использовать показатели  $I_U$  и  $I_E$  в комплексе при выборе ЭИОС.

Представляется целесообразным рассчитывать эти показатели для каждой альтернативной ЭИОС и выбирать безубыточную систему с наибольшим значением комплексного индекса полезности ( $I_E \max$ , при  $I_U > 1$ ). Такой выбор обусловлен предположением, что системы, обеспечивающие низкую эффективность обучения, со временем перестанут быть востребованными со стороны обучающихся, что в свою очередь приведет к снижению количества обучаемых и прибыли.

Использование предложенного подхода к оценке ЭИОС может быть осложнено следующими условиями:

1. Могут быть использованы разные методики обучения для одной и той же дисциплины. Влияние методики обучения может исказить конечный результат оценки эффективности обучающей системы.

2. Изначальный уровень подготовки обучающихся в разных системах может быть различным.

3. Различные ЭИОС обладают различными наборами обучающих средств, обладающих различной эффективностью. Также некоторые обучающие средства при обучении определенным дисциплинам показывают свою эффективность, а при обучении другим дисциплинам – нет. Корректность выбора обучающего средства для определенной дисциплины или типа занятия также накладывает свой отпечаток на итоговую оценку эффективности всей ЭИОС.

Таким образом, для наиболее точного выявления эффективности различных ЭИОС считаем возможным проведение тестового обучения с последующей оценкой ЭИОС при помощи показателей  $I_U$  и  $I_E$  по описанной выше методике. Для обеспечения «чистого эксперимента» желательно выполнить следующие условия:

– обучение должно проводиться по одной методике обучения одним и тем же преподавателем (группой преподавателей);

– обучение в различных ЭИОС должно проводиться по одному и тому же перечню дисциплин, соответственно и оценка ЭИОС должна проводиться по этим дисциплинам;

– участники для тестового обучения должны отбираться из примерно одной и той же социальной среды и обладать схожими признаками (возраст, уровень образования, квалификация, опыт, социальный статус и т.д.).

Даже если эти условия не могут быть выполнены, по предложенной методике можно осуществлять сравнения различных ЭИОС в целом, безотносительно специфики дисциплин, предлагаемых обучающей организацией. Однако соблюдение этих условий, во-первых, покажет возможность применения ЭИОС для обучения по определенным направлениям (специальностям), и, во-вторых, позволит оценивать эффективность методик обучения и обучающих средств в рамках ЭИОС.

Допустим, мы оценили две ЭИОС с помощью предложенной выше методики. Тогда для оценки методик обучения можем провести несколько тестовых обучений в рамках одной ЭИОС по одной дисциплине (группе дисциплин), с использованием одних и тех же обучающих средств, но с применением различных методик обучения. Тогда отношение комплексных индексов полезности, получаемых при применении каждой из методик, к индексу полезности второй ЭИОС (назовем этот показатель индексом методики обучения –  $IEM$ ) покажет эффективность одного метода относительно другого:

$$IEM_n = I_{E1n} / I_{E2}, \quad (10)$$

где  $I_{E1n}$  – комплексный индекс полезности первой ЭИОС, получаемый при применении методики  $n$ ;

$I_{E2}$  – комплексный индекс полезности первой ЭИОС.

Аналогичным образом можем оценить эффективность обучающего средства, используя в тестовом обучении одну и ту же методику, но с применением различных средств обучения:

$$IET_n = I_{E1m} / I_{E2}, \quad (11)$$

где  $I_{E1m}$  – комплексный индекс полезности первой ЭИОС, получаемый при применении обучающего средства  $m$ ;

$I_{E2}$  – комплексный индекс полезности первой ЭИОС;

$IET_n$  – индекс средства обучения.

И также:

$$IED_l = I_{E1l} / I_{E2}, \quad (12)$$

где  $I_{E1l}$  – комплексный индекс полезности первой ЭИОС, получаемый при обучении дисциплине  $l$ ;

$I_{E2}$  – комплексный индекс полезности первой ЭИОС;

$IED_l$  – индекс дисциплины.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, в результате исследования мы получили инструмент для оценки

эффективности электронных обучающих систем и их отдельных компонентов, представляющий большую гибкость и эффективность, чем методики оценки, предлагаемые в публикациях ранее. Применительно к управлению вузом полезно рассмотреть следующие возможные ситуации:

1.  $I_E$  max, при  $I_U > 1$ . Это наиболее предпочтительный вариант для вуза в разрезе долгосрочной перспективы. ЭИОС приносит прибыль, пусть не максимальную, но обладает наивысшим показателем соотношения полезности для обучающихся и для вуза.

2.  $I_E > 1$ , при  $I_U$  max. Также достаточно привлекательный вариант для вуза. ЭИОС наиболее прибыльна при приемлемом и достаточно стабильном показателе соотношения полезности для обучающихся и для вуза. Однако в будущем такие ЭИОС могут потерять актуальность перед более эффективными системами (с т. зр. соотношения полезности для обучающихся и для вуза).

3.  $I_E < 1$ , при  $I_U$  max. Нежелательный для вуза вариант, несмотря на высокий показатель прибыльности. Очевидно, что такая ЭИОС будет обладать низким обучающим потенциалом, и ее актуальность с точки зрения обучающихся будет потеряна.

4.  $I_E > 1$ , или  $I_E$  max при  $I_U < 1$ . Также нежелательный вариант для вуза, несмотря на высокое значение показателя соотношения полезности для обучающихся и для вуза. В данном случае прибыль не покрывает затраты на ЭИОС, как следствие, вуз терпит убыток. Использовать данный вариант можно только при уверенности в актуальности данной ЭИОС в будущем (для чего требуется провести дополнительный анализ) и тщательно выстроенной бизнес-стратегии, гарантирующей получение дополнительной прибыли за счет нахождения дополнительных сфер использования ЭИОС.

### Заключение

Предложенная в данной статье методика позволяет более комплексно и эффективно оценивать полезность ЭИОС для вуза, поскольку учитывает как показатели коммерческой эффективности, так и эффективность обучения. Это позволит вузу более эффективно выстраивать стратегию развития, выбирая наиболее современные и эффективные обучающие системы, и максимизировать при этом прибыль.

Также при работе над статьей были получены вспомогательные методики, позволяющие оценить эффективность обучающих методик (индекс методики обучения), средств обучения (индекс средств обучения) и эффективность ЭИОС при обучении определенной дисциплине (индекс дисциплины). По значениям полученных индексов мы можем осуществить выбор конкретных методик и средств обучения при составлении обучающих программ и реализации их в рамках выбранной ЭИОС.

### Список литературы

1. Волков И., Денисов А. Оценка эффективности информационных систем. Часть 2. Понятие эффективности, современные методы оценки/ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/1-otcena\\_effektivnosti\\_2/](https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/1-otcena_effektivnosti_2/) (дата обращения: 17.09.2022).
2. Высочина М.В. Анализ методов оценки эффективности информационной системы управления предприятием // Культура народов Причерноморья. 2012. № 244. С. 65-68.
3. Этингер Е.В. Оценка совокупной стоимости владения автоматизированной информационной системой // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2014. № 11(71). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22636460> (дата обращения: 17.09.2022).
4. Истомина Е.В. Оценка эффективности информационных систем // Научные труды Вольного экономического общества. 2008. Т. 103. С. 145-151.
5. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С. Эффективность и качество информационных систем // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021): труды Четнадцатой международной конференции (Москва, 27-29 сентября 2021 г.). М.: ИПУ РАН, 2021. С. 297-301.
6. Зацаринный А.А., Ионенков Ю.С. О применении экспертных методов при оценке эффективности и качества информационных систем // Системы и средства информатики. 2022. Т. 32. Вып. 2. С. 47-57.
7. Исаев Е.А., Первухин Д.В., Рытиков Г.О., Филюгина Е.К., Айрапетян Д.А. Оценка эффективности информационных систем с учетом рисков // Бизнес-информатика. 2021. № 1. Т. 15. С. 19-26.
8. Алексеева С., Назарова О. Факторы эффективности обучения в вузе // Международный сельскохозяйственный журнал. 2014. № 6. С. 47-49.
9. Долженко Р.А. Опыт оценки эффективности обучения в корпоративном университете Сбербанка // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2018. № 42. С. 161-179.
10. Удовидченко Р.С., Киреева В.С. Сравнительный анализ моделей оценки эффективности обучения персонала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16909> (дата обращения: 07.09.2022).
11. Чуланова, О.Л., Тимченко Я.А. Корпоративное обучение персонала и методы его оценки: подходы, инструментарий, проблемы и пути их преодоления // Наукоедение. Т. 8. № 1 (2016). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/13EVN116.pdf> (дата обращения: 07.09.2022).

УДК 377

## ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ КОЛЛЕДЖА КАК ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

<sup>1</sup>Воскрекасенко О.А., <sup>1</sup>Киреева А.А., <sup>2</sup>Щелина Т.Т.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет, Пенза,  
e-mail: voskr99@rambler.ru, anyaakireeva@gmail.com;

<sup>2</sup>Арзамасский филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,  
Арзамас, e-mail: arz65@mail.ru

В статье актуализируется необходимость формирования культуры кибербезопасности обучающихся учреждений среднего профессионального образования. Представлен анализ научной психолого-педагогической литературы по проблеме кибербезопасного поведения студентов колледжа и формирования у них культуры кибербезопасности. Осуществлен анализ понятий «кибербезопасность» и «культура кибербезопасности». Определены компоненты культуры кибербезопасности студентов. Выделены угрозы и опасности, подстерегающие обучающихся колледжа в киберпространстве. Охарактеризованы направления в системе деятельности образовательной организации СПО по обеспечению кибербезопасности обучающихся колледжа и формированию у них культуры кибербезопасного поведения. Среди них: непосредственное взаимодействие педагогов с обучающимися посредством реализации разнообразных форм, методов и технологий, нацеленных на формирование культуры кибербезопасности; организация и осуществление взаимодействия между педагогами и родителями студентов по вопросам обеспечения их кибербезопасности; построение партнерского сотрудничества образовательной организации СПО со сторонними организациями; взаимодействие между законодательными и исполнительными органами (разного уровня) и образовательными организациями СПО, направленное на нормативно-правовое обеспечение и кадровое обеспечение кибербезопасности обучающихся. Утверждается, что эффективность стоящих перед образовательной организацией СПО задач определяется системным характером деятельности, тесным сотрудничеством и взаимодействием субъектов образовательного процесса.

**Ключевые слова:** обучающиеся, колледж, кибербезопасность, киберпространство, культура кибербезопасности, образовательный процесс, профессиональная подготовка, взаимодействие субъектов образовательного процесса

## FORMING A CULTURE OF CYBER SECURITY IN THE SYSTEM OF VOCATIONAL TRAINING OF COLLEGE STUDENTS AS A PEDAGOGICAL PROBLEM

<sup>1</sup>Voskrekasenko O.A., <sup>1</sup>Kireeva A.A., <sup>2</sup>Shchelina T.T.

<sup>1</sup>Penza State University, Penza, e-mail: voskr99@rambler.ru, anyaakireeva@gmail.com;

<sup>2</sup>Arzamas branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
"National Research Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky",  
Arzamas, e-mail: kireevaaa@pnzgu.ru

The article actualizes the need to form a culture of cybersecurity in students of institutions of secondary vocational education. An analysis of the scientific psychological and pedagogical literature on the problem of cybersecurity behavior of college students and the formation of a culture of cybersecurity among them is presented. The analysis of the concepts of «cybersecurity» and «cybersecurity culture» is carried out. The components of the cybersecurity culture of students are determined. The threats and dangers that lie in wait for college students in cyberspace are highlighted. The directions in the system of activities of the educational organization of secondary vocational education to ensure the cybersecurity of college students and the formation of a culture of cybersafe behavior are characterized. Among them: direct interaction of teachers with students through the implementation of various forms, methods and technologies aimed at creating a culture of cybersecurity; organization and implementation of interaction between teachers and parents of students on issues of ensuring their cybersecurity; building partnerships between an educational organization of free software and third-party organizations; interaction between legislative and executive bodies (of different levels) and educational organizations of secondary vocational education, aimed at legal support and staffing of students' cybersecurity. It is argued that the effectiveness of the tasks facing the educational organization of SVE is determined by the systemic nature of the activity, close cooperation and interaction of the subjects of the educational process.

**Keywords:** students, college, cybersecurity, cyberspace, cybersecurity culture, educational process, professional training, interaction of subjects of the educational process

Проникновение современных технологий во все сферы жизнедеятельности общества и во все его возрастные группы неизбежно привело к вовлечению в информационное пространство подрастающего поколения. На сегодняшний день киберпространство стало неотъемлемой частью реальной жизни современной мо-

лодежи, позволяющей ей удовлетворить не только информационную потребность, но потребность в общении посредством киберкоммуникации.

Подрастающее поколение использует возможности киберпространства для поиска информации, подготовки домашних заданий, прослушивания музыки, просмотра кинофильмов, онлайн-игр, общения в социальных сетях, попыток заработать первые деньги, заявить о себе, творчески самореализоваться и многого другого. Подобного рода взаимодействие молодого человека с киберпространством сопряжено с подстерегающими его на каждом шагу киберопасностями – фишингом, травлей в сети, нежелательным контентом, мошенниками различного уровня, манипуляциями сознанием и др. В связи с этим встает вопрос о защите детей и молодежи от киберопасностей, что нашло свое отражение в таких нормативно-правовых документах, как «Концепция информационной безопасности детей» и проект «Концепции стратегии кибербезопасности Российской Федерации», нацеливающих образовательные организации на формирование у подрастающего поколения культуры кибербезопасного поведения.

В силу возрастных особенностей студенческой молодежи, обучающейся в учреждениях среднего профессионального образования, ее социально-психологической незрелости, податливости к информационным воздействиям в сочетании с ее активностью в киберпространстве решение задачи формирования культуры кибербезопасности обучающихся колледжа приобретает особую значимость. Решение этой задачи осуществляется в специально организованной образовательной среде, обладающей потенциалом для эффективного формирования у обучающихся колледжа системы практикоориентированных знаний основ кибербезопасного поведения, а также умений и навыков их реализации в киберпространстве. В связи с этим формирование культуры кибербезопасности должно стать важной составляющей профессиональной подготовки и неотъемлемой профессиональной компетенцией обучающихся колледжа.

Цель исследования – определить роль культуры кибербезопасности в защите обучающихся колледжа от угроз в киберпространстве и наметить направления деятельности по ее формированию в ходе профессиональной подготовки.

#### **Материалы и методы исследования**

Методами исследования выступили анализ, обобщение и систематизация научной

литературы по проблеме кибербезопасного поведения обучающихся колледжа и формирования у них культуры кибербезопасности.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Проблема формирования у студентов колледжа культуры кибербезопасного поведения при всей ее значимости на сегодняшний день остается малоизученной. Вместе с тем отдельные ее аспекты нашли свое отражение в научной литературе. Так, значительная часть исследований, связанных с проблемой кибербезопасности, посвящена ее технологической (Н.Н. Акимов, И.А. Байгутина, Н.И. Воропай, М.А. Гудков, П.А. Замятин, И.Н. Колосок, В.А. Кольцов, Е.С. Коркина, О.С. Лаута, В.Р. Милов, В.М. Московченко, С.А. Петренко, Р.Л. Шиберт и др.), правовой (П.Г. Горкавой, Е.О. Елизарова, О.Г. Ковалев, К.А. Краснова, В.М. Настич, Н.В. Семенова, В.В. Хоружий, С.С. Чекулаев, А.В. Яковлева и др.), экономической (А.П. Гарнов, Б.А. Калакуток, Е.Ю. Карелина, Э.Ш. Шацкая, Ю.А. Шитов, Ю.Ю. Шитова и др.), социально-гуманитарной составляющей (Е.Г. Бессонов, Т.А. Бороненко, Ю.В. Горелова, А.В. Кайсина, И.Н. Пальчикова, Е.И. Пустовая, А.З. Узденова, Е.В. Федоркевич, В.С. Федотова, Т.Н. Шарыпова и др.).

В последние годы появился целый ряд собственно педагогических исследований по кибербезопасности. Так, общие вопросы кибербезопасности с позиции педагогики рассматриваются в работах А.С. Зуфаровой, М.В. Лысенко, Н.А. Моисеевой, А.Х. Мутагаровой, Г.Ю. Яламова. Кибербезопасность в современных образовательных учреждениях (К.С. Итинсон, В.М. Чиркова и др.) многими авторами рассматривается в контексте цифровой грамотности субъектов образовательного процесса (Н.А. Моисеева, Л.Ю. Монахова, В.П. Топоровский и др.). В свою очередь, кибербезопасность в цифровой образовательной среде изучается такими авторами, как А.Ю. Буров, В.Е. Быков, Н.П. Деметиевская, Н.Н. Паньгина и др.

Особое место в педагогических исследованиях по кибербезопасности занимают работы, в которых рассматриваются риски в обучении и воспитании подрастающего поколения в эпоху цифрового образования, в условиях дистанционного обучения, в том числе обусловленного пандемией COVID-19. Среди них работы таких авторов, как И.Д. Алекперов, А.И. Алекперова, Д.Р. Ахметшин, О.С. Возженникова, Э.Р. Галиуллина, М.В. Гудков, В.А. Егоров, Р.С. Зарипова, А.Д. Кириллова, А.Р. Халиуллин, О.А. Черраева и др.

В свою очередь, еще одним важным направлением в современных педагогических исследованиях стало формирование умений и навыков кибербезопасного поведения у дошкольников (Т.С. Валеуллаева, С.Г. Шабас и др.), школьников (О.Л. Безумова, М.В. Бердник, Е.Д. Вохтомина, М.В. Гудков, Д.Б. Дубинина, Ю.А. Емельянова, О.Е. Кадеева, Е.А. Лыткина, Н.Н. Паньгина, О.Н. Троицкая, Т.С. Ширикова, В.В. Яновский и др.), а также студенческой молодежи (А.В. Белоус, А.В. Воронов, А.А. Воронова, Д.Б. Дубинина, Т.В. Рихтер, Т.В. Романова, А. Шеллер и др.).

Значимый пласт современных педагогических исследований посвящен поиску эффективных форм, методов, средств и технологий, направленных на решение задачи обеспечения кибербезопасности обучающихся разных возрастных групп (Э.Д. Алисултанова, О.Л. Безумова, А.В. Белоус, Е.Д. Вохтомина, М.А. Герасимова, Л.Н. Гришина, С.М. Емельянова, А.А. Идрисова, М.З. Исаева, А.В. Калач, А.С. Кравченко, А.А. Масленникова, Ю.А. Микацадзе, Т.В. Рихтер, В.А. Рунова, О.Н. Троицкая, И.С. Тулупова, Л.К. Хаджиева, Т.С. Ширикова, О.В. Шулежко, В.Г. Шевченко, М.В. Шевчук и др.). В качестве такого инструментария ими предлагается использовать: технологии дистанционного обучения; конкурсы; геймификацию; веб-квесты; профориентационные школьные лаборатории; психологическое просвещение; тематические видеоролики; онлайн-тренажеры; облачные технологии; образовательные курсы по кибербезопасности, в том числе дистанционные; дидактические игры и др.

В работах М.В. Гудкова, Д.С. Каниной, Е.Г. Копалкиной, С.Г. Манаенко раскрывается роль педагога в обеспечении кибербезопасного поведения обучающихся. В свою очередь, в исследованиях О.В. Пшеничной, И.В. Чельшовой и С.Г. Шабас изучается роль родителей школьников. В связи с этим работу с семьей исследователи рассматривают как одно из условий формирования у обучающегося умений и навыков кибербезопасного поведения. В свою очередь, готовность будущих учителей, включая учителей информатики и математики (Е.Д. Вохтомина, Д.О.О. Куулар, А.А. Нечай, Е.Ю. Огурцова, М.И. Рагулина, О.Н. Троицкая, Р.Н. Фадеев, А.М. Яворская и др.), к решению проблемы кибербезопасности обучающихся также выступает одним из ключевых условий эффективности данной деятельности. Результат педагогической деятельности по обеспечению кибербезопасности обучающихся, выраженный в такой личностной характеристике, как культура кибербезопас-

ности, представлен в исследованиях О.А. Веденеевой, М.А. Гарипова, М.А. Комаровой, Д.В. Редникова, Н.Я. Сайгушева и др. Однако проблема кибербезопасности обучающихся колледжа и формирования у них культуры кибербезопасности на сегодняшний день так и не стала предметом самостоятельно педагогического исследования.

Само понятие «кибербезопасность» имеет целый ряд толкований. Так, в исследовании Д.Б. Дубининой под кибербезопасностью понимается «реализация мер по защите систем, сетей и программных приложений от цифровых атак, направленных на получение доступа к конфиденциальной информации, ее изменение и уничтожение, а также на вымогательство у пользователей денег» [1, с. 98]. В свою очередь, Н.А. Моисеева под кибербезопасностью понимает «знания и умения оценивать риски социальной инженерии при работе в цифровом пространстве, знание мер по организации безопасности персональных данных, осознание негативного влияния цифровых устройств и гаджетов на окружающую среду, физическое и психическое здоровье человека» [2, с. 194].

В соответствии с проектом «Концепции стратегии кибербезопасности Российской Федерации» кибербезопасность определяется как «совокупность условий, при которых все составляющие киберпространства защищены от максимально возможного числа угроз и воздействий с нежелательными последствиями» [3].

В ряду угроз и опасностей, подстерегающих обучающихся колледжа, в научной литературе выделяются следующие:

- киберпреступления (кража денег со счета с помощью фишинговых писем или вирусов-троянов, обман, вымогательство и др.);
- кибербуллинг (намеренные травля, оскорбления, угрозы, сообщение компрометирующих данных с помощью современных средств коммуникации);
- киберсуицид (групповое или индивидуальное самоубийство, согласованное при помощи интернет-ресурсов);
- киберэкстремизм (завуалированная или открытая пропаганда экстремистских взглядов в киберпространстве);
- угрозы для морали и нравственности, нежелательная информация (сцены жестокости и насилия, употребления алкоголя и наркотиков, порнография и др.);
- агрессивное информационное пространство, манипуляции сознанием и пропаганда (от навязчивой рекламы товаров и услуг до навязывания политических взглядов);
- интернет-зависимость (аддиктивная форма поведения, сопровождающаяся множеством проблемных поведенческих ре-

акций, проявляющаяся в потере контроля над собой и неспособности вовремя выйти из сети);

– нарушение режима учебы и отдыха, проблемы со здоровьем и др. [1, 2, 4].

В условиях нарастающего воздействия на обучающихся колледжа вышеназванных угроз и опасностей актуализируется необходимость формирования у них культуры кибербезопасности, включающей в себя «умения и набор установок, которыми пользуется человек, защищая различные сферы своей жизни от угроз безопасности информации» [5, с. 27].

Культура кибербезопасности обучающегося начинается с системы знаний ее основных правил, но без понимания необходимости неукоснительного следования им, без устойчивого убеждения в их значимости их соблюдение не станет привычкой [6]. Одновременно знания и убеждения не помогут в конкретной ситуации кибербезопасности, если не сформированы устойчивые умения и навыки их распознавания и реагирования. В связи с этим деятельность преподавателей колледжа должна быть направлена на формирование у обучающихся: системы знаний правил поведения в киберпространстве, предостерегающих их кибербезопасности и способах реагирования на них; осознания и принятия ответственности за свою кибербезопасность и устойчивой установкой на неукоснительное соблюдение правил поведения в киберпространстве; умений и навыков их реализации.

В системе деятельности образовательной организации СПО по обеспечению кибербезопасности обучающихся колледжа и формированию у них культуры кибербезопасного поведения можно выделить несколько взаимосвязанных направлений.

Первое направление включает в себя непосредственное взаимодействие педагогов с обучающимися посредством реализации разнообразных форм, методов и технологий, нацеленных на формирование культуры кибербезопасности. К ним можно отнести:

– проведение кураторских часов, затрагивающих проблемы кибербезопасного поведения (например, «Интернет – друг или враг?», «Золотые правила безопасного поведения в сети», «Основы финансовой безопасности в киберпространстве», «Осторожно, кибермошенники!» и др.);

– размещение в электронной информационно-образовательной среде колледжа «Памятки по безопасному поведению в сети Интернет»;

– проведение в колледже «Недели кибербезопасности» (комплекс мероприятий, включая классные часы, конкурсы, круглые

столы с приглашенными специалистами, квесты по кибербезопасности и др.);

– привлечение обучающихся колледжа к участию в онлайн-конкурсах и олимпиадах по кибербезопасности (например, на сайте Сетевичок.рф);

– организацию образовательных курсов по кибербезопасности, в том числе дистанционных;

– модернизацию программ учебных дисциплин под задачи формирования культуры кибербезопасности обучающихся;

– киберобучение в формате симуляции типичных жизненных ситуаций – встречи с киберопасностями (поиск и скачивание информации, проверка электронной почты, покупка в интернет-магазине, поиск работы через интернет-сайты, интернет-знакомства и предложения о личной встрече и др.);

– решение кейсов по проблемам угроз кибербезопасности с учетом специфики будущей профессиональной деятельности и др.

Независимо от формы работы очень важно, чтобы обсуждаемые со студентами вопросы не носили абстрактный характер, а соответствовали встречающимся в реальной жизни обучающихся ситуациям, органически вписывались в процесс профессиональной подготовки будущих специалистов.

Второе направление деятельности включает в себя организацию и осуществление взаимодействия между педагогом и родителями студентов. Важность данного направления определяется тем, что значительную часть обучающихся в образовательных организациях СПО составляют несовершеннолетние. Здесь важно показать, что дома студент тоже может быть подвержен угрозам информационного характера, поэтому необходимо проводить с родителями работу для моделирования «цифровой гигиены». Главной формой психолого-педагогического и нормативно-правового просвещения по проблемам кибербезопасности является родительское собрание. В содержание родительских собраний можно включить следующие вопросы:

– нормативно-правовые основы защиты несовершеннолетних от кибербезопасностей;

– возрастные особенности обучающихся колледжа и их влияние на поведение в киберпространстве;

– причины, признаки и пути коррекции интернет-зависимости;

– модные в молодежной среде онлайн-игры, интернет-группы и сообщества, представляющие потенциальную опасность для психического и (или) физического здоровья, жизни и безопасности обучающихся;

– признаки, помощь и поддержка обучающихся, ставших жертвой кибербуллинга;

– поведенческие особенности студентов, попавших в сети под влияние религиозных сект, экстремистских организаций, и др.

Полученные родителями знания в области кибербезопасности позволят им защитить своих детей от киберугроз и научить их противостоять этим явлениям.

Третье направление деятельности образовательной организации СПО по обеспечению кибербезопасности студентов – построение взаимодействия со сторонними организациями. Так, например, различные компании, деятельность которых направлена на защиту от информационных угроз, могут оказывать свои услуги образовательным организациям либо предоставлять им программные продукты, осуществляющие защиту. Также это взаимодействие можно применить и в образовательном процессе, например путем приглашения экспертов со студентами, проведения различных тренингов и др.

Четвертое направление по обеспечению кибербезопасности обучающихся колледжа связано с взаимодействием между законодательными и исполнительными органами (разного уровня) и образовательными организациями. Рекомендуется на уровне образовательных стандартов ввести дисциплины, связанные с цифровой грамотностью и кибербезопасностью, а также регулярно проводить повышение квалификации и курсы профессиональной переподготовки для педагогических кадров системы СПО, направленные на совершенствование навыков безопасной работы с обучающимися в киберпространстве и формирование у них культуры кибербезопасного поведения.

Все перечисленные действия, направленные на обеспечение информационной защиты студентов в образовательном процессе колледжа, должны применяться в комплексе. Также необходимо назначать

одного или нескольких лиц, ответственных за реализацию мер, определяющих кибербезопасность обучающихся.

### Заключение

Активность обучающихся колледжа в киберпространстве, их возрастные особенности и недостаточная социально-психологическая зрелость определяют необходимость реализации комплекса мер по обеспечению их кибербезопасности, а также формированию культуры кибербезопасного поведения. Эффективность стоящих перед образовательной организацией среднего профессионального образования задач определяется системным характером деятельности, тесным сотрудничеством и взаимодействием субъектов образовательного процесса.

### Список литературы

1. Дубинина Д.Б. Проблема медиабезопасности и кибербезопасности личности школьника и студента в современном информационном пространстве // Экология медиасреды: материалы IV Открытой межвузовской научно-практической конференции (Москва, 25 апреля 2019 года). М., 2019. С. 96–101.
2. Моисеева Н.А. Кибербезопасность как важный компонент цифровой грамотности поколения Z // Цифровизация и кибербезопасность: современная теория и практика: материалы Международной научно-практической конференции (Омск, 30 сентября – 01 октября 2021 года). Омск, 2021. С. 191–196.
3. Концепция стратегии кибербезопасности Российской Федерации [проект, по состоянию на 10 января 2014 г.]. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://council.gov.ru/media/files/41d4b3dfbdb25cea8a73.pdf> (дата обращения: 05.09.2022).
4. Чернова Е.В. Потенциальные угрозы в ИКТ-насыщенной среде // Стратегия качества в промышленности и образовании: материалы VIII Международной конференции (Варна, Болгария, 8–15 июня 2012 года). Днепропетровск – Варна, 2012. С. 490–492.
5. Калач А.В., Кравченко А.С. Современные технологии формирования культуры кибербезопасности // Ведомости уголовно-исполнительной системы. 2019. № 11 (210). С. 26–30.
6. Редников Д.В., Комарова М.А. Проблемы формирования культуры кибербезопасности // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 2 (80). С. 157–160.

УДК 796.422.12

**МЕТОДИКА РАЗВИТИЯ СКОРОСТНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ  
У ЛЕГКОАТЛЕТОВ 11–12 ЛЕТ НА ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ**<sup>1</sup>Дедловская М.В., <sup>2</sup>Подберезко Н.А., <sup>3</sup>Кузнецова Е.Д., <sup>4</sup>Гнездилов М.А.<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры,  
спорта и туризма», Казань, e-mail: bmv300904@yandex.ru;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», Барнаул, e-mail: ulyana\_nata@mail.ru;<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет», Барнаул,  
e-mail: helen.k72@mail.ru;<sup>4</sup>ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,  
Кемерово, e-mail: gma.f@kuzstu.ru

В статье рассмотрена эффективность учебно-тренировочного процесса с учетом рационального соотношения специальной физической подготовки и общей физической подготовки на всех этапах подготовки спортсмена. Определено, что для развития скоростных качеств в подростковом возрасте ведущими являются метод строго регламентированного упражнения и игровой метод, который позволяет быстро переключаться на разные режимы работы мышц за счет высокого эмоционального фона. В подавляющем большинстве видов легкой атлетики решающее значение для достижения высоких спортивных результатов в будущем имеет высокий уровень развития быстроты, для целенаправленного развития которой самой благоприятной считается начальная подготовка в возрасте 10–13 лет. В связи с этим в исследовании была поставлена цель – разработать методику, направленную на развитие скоростных способностей у легкоатлетов 11–12 лет, с последующей оценкой ее эффективности, были сформулированы задачи и определены методы исследования. Предложенная авторами методика состоит из трех методов развития быстроты: игрового, соревновательного и повторного. Данная методика начальной подготовки юных легкоатлетов также учитывает следующие аспекты: тренировочная нагрузка, число повторений, интенсивность выполнения упражнений и время года. Учебно-тренировочный процесс включил в себя 14 комплексов упражнений, направленных на развитие скоростных способностей. Исследование было проведено на базе Муниципального бюджетного учреждения «Спортивная школа «Стрелки» (Казань, Россия) на протяжении одного учебно-тренировочного цикла (девять месяцев). В исследовании приняли участие 20 юных легкоатлетов 11–12 лет. Для определения эффективности разработанной методики были применены тесты: теппинг-тест, бег на 30 м с низкого старта и челночный бег 3x10 м. По результатам итогового тестирования юных легкоатлетов были выявлены достоверные различия ( $p < 0,05$ ) в экспериментальной группе по сравнению с контрольной, что свидетельствует об эффективности разработанной методики и возможности дальнейшего применения ее в учебно-тренировочном процессе.

**Ключевые слова:** легкая атлетика, быстрота, подростки**METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF SPEED ABILITIES  
OF 11–12 YEARS OLD ATHLETES AT INITIAL TRAINING STAGES**<sup>1</sup>Dedlovskaya M.V., <sup>2</sup>Podberezko N.A., <sup>3</sup>Kuznetsova E.D., <sup>4</sup>Gnezdilov M.A.<sup>1</sup>Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan,  
e-mail: bmv300904@yandex.ru;<sup>2</sup>Altai State University, Barnaul, e-mail: ulyana\_nata@mail.ru;<sup>3</sup>Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: helen.k72@mail.ru;<sup>4</sup>Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo, e-mail: gma.f@kuzstu.ru

In the article the following subjects are discussed: the effectiveness of the training process (considering the judicious mix of special physical training and general physical training) throughout all the stages of athlete's training. The leading methods of the development of speed qualities in adolescence have been established: the method of strictly regulated exercise and the game method, which allows you to quickly switch to different modes of muscle work due to a high emotional background. The vast majority of athletic disciplines requires high level of speed development for achieving good results in the future. The age of 10-13 years is considered the most favourable for the initial training of the purposeful speed development. Thus, the following goal was set in this study – to develop a methodology focused on the improvement of the speed abilities of 11–12 years old athletes, with a subsequent assessment of its effectiveness. The following tasks and research methods were determined. The methodology proposed by the authors consists of three methods of speed development: game method, competitive method, and repetition method. The above-mentioned methodology of the initial training of young athletes also includes the following aspects: training load, number of repetitions, intensity of exercise and season of the year. The training process includes 14 sets of exercises aimed at developing speed abilities. The study was conducted in the Municipal Budgetary Institution Sport School "Strelka" (Kazan, Russia) during one training cycle (nine months). In the current study 20 young athletes aged 11–12 years were involved. In order to define the effectiveness of the developed methodology the following tests were applied: a tapping test, a 30-meter low start run, and a 3x10-meter shuttle run. According to the final test results of young athletes, significant difference ( $p < 0.05$ ) between the experimental group and control group was revealed, which indicates the effectiveness of the developed methodology and the possibility to further apply it in the educational and training process.

**Keywords:** athletics, speed, teenagers

В настоящее время ни для кого не секрет, что скоростные способности необходимы во всех видах спорта, но самое главное место они занимают в легкой атлетике в спринтерском беге. Все чаще наблюдается тенденция к снижению среднего возраста чемпионов мирового уровня [1], вместе с тем наблюдается устойчивое снижение среднего уровня общих физических возможностей молодежи [2], и в целях достижения максимального прогресса необходимо совершенствовать систему подготовки детей в легкой атлетике.

В процессе развития скорости движения у детей необходимы естественные формы движения и нестереотипные способы их реализации. Стандартно повторяющиеся упражнения с максимальной быстротой могут привести к формированию скоростного барьера. Уличные игры в начальной школе и спортивные состязания в средней и высшей школе имеют явное преимущество перед стандартными пробежками на быструю [3, 4].

Для юных легкоатлетов развитие скоростных способностей обеспечивается двумя методами: строго регламентированным и игровым. Игровой метод, в свою очередь, позволяет детям подросткового возраста быстро переключаться на разные режимы работы мышц за счет высокого эмоционального фона [5].

На сегодняшний день существует неопределенность в скоростной и силовой подготовке юных бегунов-спринтеров. Если в подборе упражнений у специалистов больше общего, то в предпочтении в выборе отягощений или работе на тренажерах есть расхождения. А некоторые специалисты считают, что подготовка бегунов-спринтеров должна представлять собой работу, основанную на прыжках [6, 7].

Проблема увеличения объема и интенсивности физических нагрузок влечет за собой необходимость в эффективном восстановлении. Необходимо рациональное сочетание процессов воздействия физических нагрузок на организм юных спортсменов и восстановительных мероприятий [8].

#### **Материалы и методы исследования**

Цель исследования – разработать методику, направленную на развитие скоростных способностей у легкоатлетов 11–12 лет, с последующей оценкой ее эффективности.

Был проведен анализ проблемы развития скоростных способностей в легкой атлетике на начальном этапе тренировок. Полученная информация позволила создать теоретическое обоснование рассматриваемой

проблемы и определить необходимые пути ее решения.

Исследование проводилось на базе МБУ Спортивная школа «Стрелки» (г. Казань, Россия) в период с сентября 2020 г. по май 2021 г. В нем приняли участие 20 легкоатлетов 11–12 лет. Все участники были поделены на две группы по 10 чел.: экспериментальную «А» и контрольную «В». В экспериментальной группе использовалась специально разработанная нами методика, направленная на развитие скоростных способностей у легкоатлетов 11–12 лет. Контрольная группа тренировалась по утвержденной программе спортивной школы.

Тестирование помогло определить уровень развития скоростных способностей и сравнить готовность двух групп (экспериментальной и контрольной). Оно проводилось в течение одной тренировки. Для определения уровня развития скоростных способностей у легкоатлетов 11–12 лет были использованы следующие тесты в начале и в конце исследования: теппинг-тест (с); бег на 30 м с низкого старта (с); челночный бег 3x10 м (с).

Все материалы исследования были подвергнуты математической обработке с помощью t-критерия Стьюдента.

В результате анализа научно-методической литературы нами были составлены комплексы упражнений, в содержании которых использовались специальные упражнения, направленные на развитие скоростных способностей у легкоатлетов 11–12 лет на начальном этапе подготовки.

В течение девяти месяцев (сентябрь – май) экспериментальная группа занималась по разработанной нами методике, а контрольная группа занималась по федеральному стандарту подготовки легкоатлетов.

Нами было разработано 14 комплексов упражнений, направленных на развитие скоростных способностей, которые мы внедряли в разные части занятий по 15 мин, в зависимости от его вида. Были использованы повторный, игровой и соревновательный методы. При подборе комплексов мы также отталкивались от времени года (табл. 1).

Тренировочные занятия проводились три раза в неделю: понедельник, среда, пятница.

Каждую пятницу мы применяли игровой метод, это связано с некой мотивацией занимающихся и поддержанием интереса к занятиям. Это комплексы упражнений под номерами 3, 4, 5, 6.

В понедельник и в среду мы использовали повторный и соревновательный метод. Это комплексы упражнений под номерами

1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 и 14. В зависимости от комплекса упражнений мы определили дозировку и часть занятия, в которую он будет внедрен. Комплексы упражнений под номерами 3, 9, 12 и 13 были использованы по 15 мин в подготовительной части занятия. Комплексы упражнений под номерами 1, 2, 7, 8, 10, 11 и 14 были использо-

ваны по 15 мин в основной части занятия. Комплексы упражнений под номерами 4, 5 и 6 были использованы по 15 мин в заключительной части занятия. Все комплексы внедрялись исключительно в конце каждой части занятия. Интенсивность комплексов упражнений под номерами 4 и 6 – 70%. Остальные – 95%.

Таблица 1

Комплексы упражнений, направленных на развитие скоростных способностей у легкоатлетов 11–12 лет

№ комплекса	Средство	Дозировка	Отдых	Интенсивность
1	• Повторный бег (30 м) • Повторный бег (60 м)	2 раза 2 раза	2 мин 2 мин	95 %
2	• Бег 50 м через 50 м отдыха	4 раза	4 мин	95 %
3	• Бег с заданиями: – бег с высоким подниманием бедра на месте, ускорение по свистку 10 м; – бег с захлестом голени на месте, ускорение по свистку 10 м; – сед, ускорение по свистку 10 м; – сед спиной вперед, ускорение по свистку 10 м; – ускорение по свистку 15 м	2 круга	3 мин	95 %
4	• «Третий лишний» • «Чай-чай выручай»	7 мин 7 мин	1 мин	70 %
5	• Полоса препятствий по станциям с ускорениями: – поочередное подлезание и перешагивание через барьеры, ускорение 10 м; – семенящий бег правым/левым боком, ускорение 10 м; – прыжки по кольцам, ускорение 10 м; – бег приставным шагом правым/левым боком змейкой, ускорение 10 м; – «тараканчик» вперед ногами, ускорение 10 м; – прыжки из глубокого приседа, ускорение 10 м; – ходьба на руках и ногах вперед ногами, ускорение 10 м	2 круга	2 мин	95 %
6	• «Хвостики» • «Чай-чай выручай» (с перепрыгиваниями через игроков, упор сидя)	7 мин 7 мин	1 мин	70 %
7	• Соревновательный бег 30 м по 2–3 занимающихся • Соревновательный бег 60 м по 2–3 занимающихся	2 раза 2 раза	4 мин	95 %
8	• Упражнения, направленные на технику выноса бедра: – прыжковые упражнения через барьер; – темповые прыжки на тумбе; – вынос бедра через барьер	2 подхода 15 раз на каждую сторону 25 раз на каждую ногу 10 раз на каждую ногу	2 мин	95 %
9	• Упражнения с резиной: – семенящий бег; – вынос бедра через барьер; – ускорение	2 подхода 15 м 10 раз на каждую ногу 15 м	4 мин	95 %
10	• Упражнения, направленные на технику стартового разгона: – семенящий бег; – перепрыгивания боком через скамью с продвижением вперед; – запрыгивания на тумбу двумя ногами	2 подхода 15 м 10 раз 15 раз	2 мин	95 %

Окончание табл. 1

№ комплексы	Средство	Дозировка	Отдых	Интенсивность
11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Силовые упражнения:</li> <li>– отведение блина в стороны;</li> <li>– подъемы блина над собой с приседом;</li> <li>– вынос бедра вверх с блином;</li> <li>– броски мяча с песком вверх с приседом;</li> <li>– выпрыгивания с гантелями</li> </ul>	2 подхода 5 раз на каждую сторону 10 раз 10 раз на каждую ногу 10 раз 10 раз	2 мин	95 %
12	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 м упражнение + 15 м ускорение:</li> <li>– бег с высоким подниманием бедра + ускорение;</li> <li>– бег с захлестом голени + ускорение;</li> <li>– бег прыжками + ускорение;</li> <li>– бег прыжками на правую ногу;</li> <li>– бег прыжками на левую ногу;</li> <li>– «колесо»;</li> <li>– «колесо» на правую ногу;</li> <li>– «колесо» на левую ногу</li> </ul>	2 подхода	6 мин	95 %
13	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Упражнения с резиной:</li> <li>– с высоким подниманием бедра;</li> <li>– бег прыжками;</li> <li>– «колесо»</li> </ul>	2 подхода 15 м 15 м 15 м	3 мин	95 %
14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Упражнения, направленные на технику рук:</li> <li>– движение руками как при беге;</li> <li>– бег с высоким подниманием бедра на месте в положении упора руками на стену;</li> <li>– бег в ровном, спокойном темпе с увеличением скорости по свистку</li> </ul>	3 подхода 30 с 30 с 1 мин	6 мин	95 %

Мы за две недели до главных соревнований внедряли комплексы упражнений под номерами 8, 9, 10, 13 и 14, сделав акцент на технику выноса бедра при стартовом разбеге и на технику рук посредством упражнений с резиной и использованием такого инвентаря, как тумбы и барьеры. Именно эти комплексы упражнений, по нашему мнению, помогут занимающимся отработать технику, развить взрывную силу при стартовом разгоне и добиться высоких результатов на соревнованиях. А все остальные комплексы упражнений использовались так, чтобы не повторялись часто в годичном плане тренировок.

В сентябре и октябре были использованы комплексы под номерами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12 и 14. Так как погодные условия позволяют в это время заниматься на улице, мы использовали комплексы с различными беговыми упражнениями, направленными на развитие скоростных способностей.

В ноябре были использованы комплексы под номерами 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. А также состоялись первые главные соревнования среди юношей и девушек, перед которыми за две недели до старта мы сделали акцент на технику выноса бедра при стартовом разбеге, посредством упражнений с резиной и использованием такого инвентаря, как тумбы и барьеры.

В декабре были использованы комплексы под номерами 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11. В декабре состоялись второстепенные соревнования среди юношей и девушек, соответственно, мы не давали большую нагрузку занимающимся и постарались захватить различные комплексы упражнений для всестороннего развития наших спортсменов. Проводились занятия соревновательного, игрового, силового и технического характера.

В январе были использованы комплексы под номерами 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 14. В январе состоялись вторые главные соревнования среди юношей и девушек. А также в конце января проводились спортивные сборы – 14 дней.

В феврале были использованы комплексы под номерами 3, 4, 5, 8, 9, 10, 13. В этом месяце не было соревнований. Соответственно, не давалась сильная нагрузка, чтобы занимающиеся смогли восстановиться и постепенно влиться в тренировочный процесс.

В марте были использованы комплексы под номерами 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14. Состоялись третьи главные соревнования по легкой атлетике среди юношей и девушек.

В апреле и мае использовались все комплексы. Это связано с погодными условиями, которые позволяли заниматься на улице. Мы решили использовать комплексы

с различными беговыми упражнениями, направленными на развитие скоростных способностей, а также комплексы силовых упражнений, комплексы упражнений с резиной, направленных на технику, и, конечно, комплексы различных игр. В апреле состоялись вторые второстепенные соревнования среди юношей и девушек, а в мае заключительные четвертые главные соревнования среди юношей и девушек.

Все соревнования были выбраны нами с интервалом примерно в один месяц, чтобы занимающиеся успевали восстановиться после них, а также могли проанализировать свои выступления и сделать выводы для успешного следующего старта.

### Результаты исследования и их обсуждение

Нами было проведено комплексное тестирование на начальном этапе подготовки легкоатлетов 11–12 лет. Данное тестирование явилось первой ступенью для проверки эффективности разработанной нами методики, направленной на развитие скоростных способностей легкоатлетов 11–12 лет.

Мы запланировали измерить уровень развития скоростных способностей легкоатлетов 11–12 лет на начальном этапе подготовки внутри групп и проанализировать их различия между ними в начале и в конце эксперимента (табл. 2).

На основе полученных данных из табл. 2 установлено, что в группах статистически значимых различий на начало эксперимента не наблюдается ( $p > 0,05$ ). В связи с чем целесообразно сделать вывод, что группы относительно однородны и результаты носят недостоверный характер.

Динамика показателей и величина прироста позволяют акцентировать работу с легкоатлетами 11–12 лет на начальном этапе в сторону целенаправленной и оптимально построенной системы занятий. В табл. 2 видим статистически значимые

различия между результатами спортсменов экспериментальной и контрольной групп.

Результаты тестирования скоростных способностей в группе «А» (ЭГ) в начале и в конце эксперимента позволяют сделать вывод о том, что по окончании эксперимента прирост в тесте «Теппинг-тест» составил 12,1% ( $p < 0,05$ ). Прирост в тесте «Бег 30 м с низкого старта» равен 7,77% ( $p < 0,05$ ). При результате в тесте «Челночный бег 3x10 м» на начало эксперимента 8,51 с, а по окончании 7,97 с прирост 6,35% ( $p > 0,05$ ).

Из таблицы мы наблюдаем за динамикой средних данных у контрольной группы «В» в течение девяти месяцев. Изменение показателей «Теппинг-тест» составило 1,11%. Различия до и после эксперимента недостоверны ( $p > 0,05$ ). На основании полученных данных по тесту – бег на 30 м с низкого старта прирост составил 1,90%. Различия недостоверны ( $p > 0,05$ ). Разница во времени пробега челночного бега 3x10 м составила 2,71%. Различия недостоверны ( $p > 0,05$ ).

Обработка данных проведенного исследования позволила выявить различия между тестируемыми группами «А» и «В» и доказать их достоверность ( $p < 0,05$ ).

Уровень развития скоростных способностей у спортсменов экспериментальной группы «А» выше, чем у спортсменов контрольной группы «В»:

- в тесте «Теппинг-тест» на 10,99%;
- в тесте «Бег 30 м с низкого старта» на 5,87%;
- в тесте «Челночный бег 3x10 м» на 3,65%.

Исходя из данных первого тестирования, экспериментальная группа «А» и контрольная группа «В» имеют практически одинаковый уровень скоростных способностей. По окончании исследования показатели спортсменов увеличились и в той, и в другой группе. Однако в экспериментальной группе «А» результаты стали значительно выше, чем в контрольной группе «В».

Таблица 2

Результаты тестирования скоростных способностей группы А (ЭГ) и группы В (КГ) в конце эксперимента

Испытуемые	Тесты					
	Теппинг-тест (с)		Бег 30 м с низкого старта (с)		Челночный бег 3x10 м (с)	
	Начало эксперимента	Конец эксперимента	Начало эксперимента	Конец эксперимента	Начало эксперимента	Конец эксперимента
Группа А (ЭГ)	19,01±0,063	16,71±0,068	5,67±0,103	5,23±0,084	8,51±0,086	7,97±0,079
Группа В (КГ)	19,02±0,056	18,81±0,074	5,79±0,066	5,68±0,052	8,55±0,096	8,32±0,113
T	0,1	15,77	1,33	6,29	0,34	2,85
P	> 0,05	< 0,05	> 0,05	< 0,05	> 0,05	< 0,05

Во время исследования в экспериментальной группе «А» был сделан большой акцент на технику бега, соответственно, использовалось много упражнений для согласования работы рук и ног. В то же время игры, направленные на развитие скоростных способностей, вызывали у детей большой интерес к этому виду спорта. Соревновательные упражнения и упражнения, направленные на развитие силовых способностей – это всего лишь один небольшой комплекс упражнений, он необходим для укрепления мышц пресса, рук, спины, ног и стопы спортсмена, что необходимо при стартовом разбеге. Также стоит отметить, что спортивная активность в игровой подаче формирует характер юных легкоатлетов.

### Заключение

Проанализировав научно-методическую литературу по теме исследования, мы выявили, что для достижения высоких результатов в легкой атлетике необходимо большое внимание уделить развитию скоростных способностей именно на этапе начальной подготовки. Так как на этом этапе проявляется сенситивный период для развития такого физического качества, как быстрота. Из слов многих авторов следует использовать все методы, но в большей степени – игровой, ведь с помощью различных игр можно достаточно хорошо развить скоростные способности, а также вызвать у занимающихся огромный интерес к данному виду спорта.

После анализа исследований различных специалистов в данном виде спорта мы внедрились нашу методику в тренировочный процесс легкоатлетов 11–12 лет. Методика состоит из игрового, соревновательного и повторного методов. А также учитывались такие аспекты, как тренировочная нагрузка,

число повторений и интенсивность их выполнения, которые подобраны для спортсменов группы начальной подготовки. Наша методика помогает хорошо развить скоростные способности и добиться высоких результатов в спорте.

Нами разработанная методика показала высокую эффективность в ходе эксперимента. По окончании последнего тестирования наблюдается большой прирост показателей в экспериментальной группе «А», чем в контрольной группе «В», а значит, есть достоверные различия. Это говорит о том, что предложенная нами методика является эффективной и ее можно в дальнейшем применять в тренировочном процессе легкоатлетов 11–12 лет на этапе начальной подготовки.

### Список литературы

1. Branet C. Study on the Efficiency of Some Formative Athletics Programs on Motor Quality Improvement in the Case of Children Aged 6–9. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 2014. Vol. 117. P. 492–497.
2. Pavlov V., Simeonova V. Development of the Speed and Endurance of 15 Year-old Boys. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015. Vol. 191. P. 833–837.
3. Henderson G., Ferreir D., Wu J. The effects of direction and speed on treadmill walking in typically developing children. *Gait & Posture*. 2021. Vol. 84. P. 169–174.
4. Wang W., Qu F., Li S., Wang L. Effects of motor skill level and speed on movement variability during running. *Journal of Biomechanics*. 2021. Vol. 127. P. 110680.
5. Ворошин И.Н. Беговые виды легкой атлетики: учебно-методическое пособие. СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта, 2015. 28 с.
6. Алабин В.Г. К проблеме тренировочных заданий как элемента структуры тренировочного процесса в спорте // Теория и практика физической культуры. 2015. № 12. С. 30–31.
7. Войнов С.Е. Базовые виды спорта: легкая атлетика: учеб. пособие. СПб: Министерство спорта, туризма и молодежной политики РФ, Нац. гос. ун-т физ. культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, СПб., 2010. 212 с.
8. Бирюкова Е.А. К вопросу оптимизации процессов восстановления в спорте // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2011. № 11 (95). С. 57–62.

УДК 371:378.1

## АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С УСПЕШНОСТЬЮ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЕМ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ СТУДЕНТОВ

<sup>1</sup>Жуков Р.С., <sup>2</sup>Козлов С.Д., <sup>1</sup>Седнев А.В., <sup>1</sup>Сидоров Е.С., <sup>1</sup>Сомов В.С., <sup>1</sup>Корт Г.Г.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,

Кемерово, e-mail: kafedra-tofk@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева», Кемерово, e-mail: tofk@kemsu.ru

Выявление взаимосвязей между физкультурно-спортивной деятельностью и образовательным процессом является актуальным, поскольку результативность образовательного процесса во многом зависит от показателей умственной работоспособности и творческих способностей студентов. Исследование посвящено выявлению структуры взаимосвязей различных условий физкультурно-спортивной деятельности с успешностью освоения программы обучения в вузе и развитием творческих способностей. В процессе выполнения работы использовались следующие методы исследования: анализ и обобщение данных научно-методической литературы; опрос; педагогический эксперимент; тестирование; методы статистической обработки. В ходе исследования изучены условия физкультурно-спортивной деятельности студентов; определено влияние физкультурно-спортивной деятельности на образовательный процесс студентов вуза и развитие творческих способностей; разработаны методические рекомендации по организации физкультурно-спортивной деятельности студентов, в которых предлагается ряд мероприятий, направленных на то, чтобы у студентов была мотивация не прекращать занятия спортом после поступления в вуз. Полученные результаты позволяют отметить, что студенты, регулярно занимавшиеся спортом, имеют более высокие баллы по шкале СА (свободные ассоциации) и более высокий уровень развития творческих способностей. Также можно сделать вывод о положительном влиянии, которое оказывают занятия спортом на творческие составляющие личности студентов.

**Ключевые слова:** физкультурно-спортивная деятельность, образовательный процесс, студенты, творческие способности, успешность обучения, мотивация

## ANALYSIS OF THE INTERRELATIONS OF PHYSICAL AND SPORTS ACTIVITY WITH THE SUCCESS OF MASTERING THE TRAINING PROGRAM AND THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' CREATIVE ABILITIES

<sup>1</sup>Zhukov R.S., <sup>2</sup>Kozlov S.D., <sup>1</sup>Sednev A.V., <sup>1</sup>Sidorov E.S., <sup>1</sup>Somov V.S., <sup>1</sup>Kort G.G.

<sup>1</sup>Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: tofk@kemsu.ru;

<sup>2</sup>Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo, e-mail: tofk@kemsu.ru

Identification of the relationship between physical culture and sports activities and the educational process is relevant, since the effectiveness of the educational process largely depends on the indicators of mental performance and creative abilities of students. The study is devoted to identifying the structure of the relationship between various conditions of physical culture and sports activities with the success of mastering the training program at the university and the development of creative abilities. In the course of the work, the following research methods were used: analysis of literary sources; questioning and diagnostic methods (questionnaires, interviews, conversations); pedagogical supervision; pedagogical experiment; testing; statistical processing methods. In the process of research, the conditions of physical culture and sports activities of students were studied; the influence of physical culture and sports activities on the educational process of students and the development of creative abilities was determined; methodological recommendations for the organization of physical culture and sports activities of students have been developed, which propose a number of activities aimed at ensuring that students have the motivation not to stop playing sports after entering the university. The results obtained allow us to note that students who are actively involved in sports have higher scores on the SA scale (free associations) and a higher level of development of creative abilities. You can also make an assumption about the positive impact that sports have on the creative components of students' personalities.

**Keywords:** physical culture and sports activities, educational process, students, creative abilities, learning success, motivation

Высокая стоимость подготовки современных специалистов, экономическая целесообразность увеличения сроков оптимальной работоспособности опытных кадров обуславливают повышенные требования к уровню функционального состояния организма студента, включая психологиче-

ские и соматические характеристики [1]. С момента зачисления в вуз к вчерашнему школьнику предъявляются новые требования, с которыми он раньше не сталкивался [2]. Адаптация к студенческой жизни часто протекает стихийно и вызывает у некоторых студентов значительные затруднения,

низкий уровень адаптации может служить причиной плохой успеваемости, депрессии и даже потери здоровья [3].

Занятия физической культурой и спортом способствуют формированию здоровья, воспитывают волевые качества личности, содействуют развитию физических качеств, оптимизации показателей интеллектуальной деятельности [4]. Выявление взаимосвязей между физкультурно-спортивной деятельностью и образовательным процессом студентов вуза является актуальным, поскольку результативность образовательного процесса во многом зависит от показателей умственной работоспособности и творческих способностей студентов [5].

Цель исследования – выявление структуры взаимосвязей различных условий физкультурно-спортивной деятельности с успешностью освоения программы обучения в вузе и развитием творческих способностей студентов.

#### Материалы и методы исследования

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи исследования: исследовать условия физкультурно-спортивной деятельности студентов; определить влияние физкультурно-спортивной деятельности на образовательный процесс студентов и развитие творческих способностей; разработать методические рекомендации по созданию условий физкультурно-спортивной деятельности, влияющих на успешность обучения и творческое развитие студентов.

Гипотеза исследования: у студентов, регулярно занимавшихся физкультурно-спортивной деятельностью во время обучения в школе и продолжающих заниматься в вузе, проявление творчески-созидательной способности через свободные ассоциации более развито, такие студенты имеют более высокие показатели умственной работоспособности и успеваемости по срав-

нению с обучающимися, которые посещали только обязательные занятия по физической культуре.

Методы исследования: анализ и обобщение данных научно-методической литературы; опрос; педагогический эксперимент; тестирование; методы статистической обработки. В педагогическом эксперименте участвовали студенты очной формы обучения в количестве 409 человек в возрасте от 17 до 21 года. Естественный (констатирующий) педагогический эксперимент был проведен в период с сентября 2020 г. по октябрь 2021 г., в процессе которого проводилось тестирование «Свобода ассоциаций» (оценка по шкале СА) [6]. Полученные эмпирические данные были подвергнуты математико-статистической обработке, в частности вычислялись средние арифметические значения всех показателей, был проведен их корреляционный анализ.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведения исследования были получены данные о занятиях студентов физкультурно-спортивной деятельностью во время обучения в школе, которые свидетельствуют о том, что только 53% студентов регулярно занимались спортом. Сравнение опыта физкультурно-спортивных занятий между юношами и девушками показало, что девушек, регулярно не занимавшихся спортом, оказалось 37%, юношей – 30% (рис. 1).

На рисунке 2 (А) показана взаимосвязь между стажем занятий спортом и средними значениями полученных на экзаменах оценок, при этом проведенный корреляционный анализ отражает наличие средней степени корреляционной взаимосвязи ( $r=0,37$ ). На рисунке 2 (Б) показана взаимосвязь между занятиями физкультурно-спортивной деятельностью и средним значением баллов по шкале СА (свобода ассоциаций).

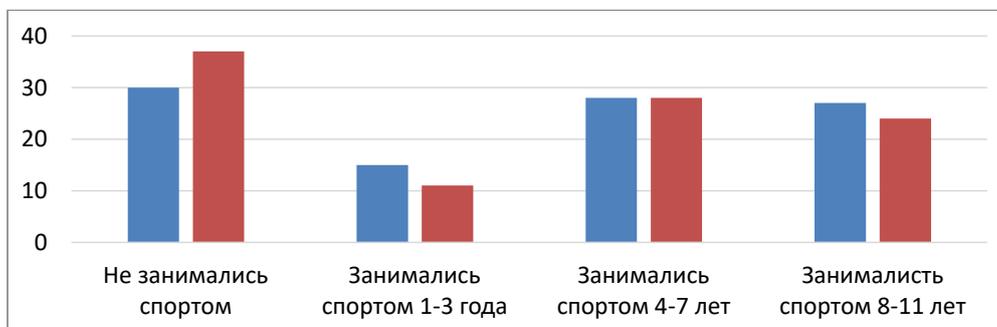


Рис. 1. Данные об опыте занятий физкультурно-спортивной деятельностью студентов (%)

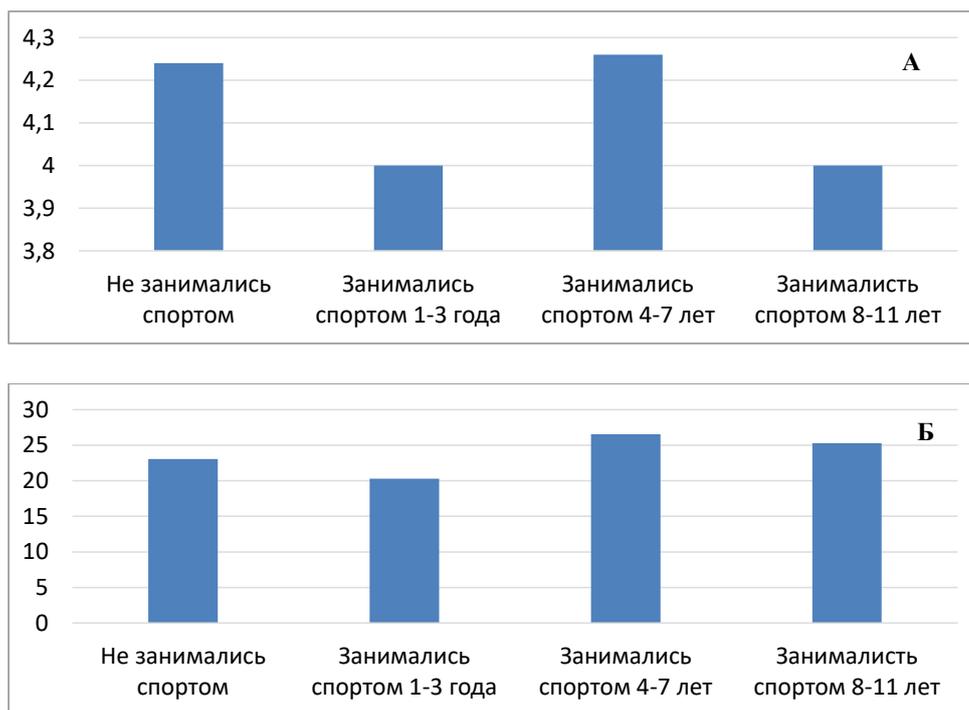


Рис. 2. Взаимосвязь между физкультурно-спортивной деятельностью и средним экзаменационным баллом (А), средним значением баллов по шкале СА (свобода ассоциаций) (Б) (баллы)

Можно отметить, что студенты, которые регулярно занимались спортом, имеют более высокие баллы по шкале СА (свободные ассоциации), однако значения коэффициента корреляции ( $r$ ) показывают среднюю степень взаимосвязи ( $r=0,56$ ), что не позволяет сделать обоснованный вывод о том, что регулярные занятия спортом положительно сказываются на развитии творческих способностей. Однако тенденция подобной взаимосвязи наметилась, и можно предположить, что студенты, регулярно занимающиеся спортом, лучше адаптируются к условиям образовательного процесса в вузе, так как у них выше работоспособность – умственная и физическая.

Для детального исследования этого вопроса мы разделили анкеты студентов на три группы: в первую группу вошли студенты, не занимавшиеся физкультурно-спортивной деятельностью в старшем школьном возрасте, а во время обучения в вузе посещают только академические занятия по физической культуре; во вторую группу вошли студенты, которые регулярно занимались физкультурно-спортивной деятельностью в старшем школьном возрасте, но прекратили занятия после поступления в вуз; в третью группу вошли студенты, которые регулярно занимались физкультурно-спортивной деятельностью в старшем школьном возрасте

и продолжают заниматься на спортивном отделении. Как показали полученные результаты, большинство студентов (71%) не занимались спортом в старшем школьном возрасте, хотя имели опыт занятий спортом в младшем и среднем школьном возрасте. Данный феномен можно объяснить смещением акцентов с занятий спортом на дополнительную подготовку к основным экзаменам и Единому государственному экзамену, занятия с репетиторами и др.

Данные, представленные на рисунке 3 (А), показывают средние значения полученных на экзаменах оценок для каждой группы. Из полученных данных видно, что студенты, регулярно занимавшиеся спортом в старшем школьном возрасте и не переставшие заниматься спортом во время обучения в вузе, имеют более высокие оценки на экзаменах, причем корреляционный анализ показывает наличие сильной степени корреляционной взаимосвязи ( $r=0,78$ ). Следовательно, можно сделать вывод о том, что более высокий уровень адаптации к образовательному процессу в вузе отмечается у студентов, которые регулярно занимались физкультурно-спортивной деятельностью в старшем школьном возрасте и не прекратили занятий в вузе, по сравнению со студентами, которые перестали заниматься после поступления в вуз или не занимались совсем.



Рис. 3. Взаимосвязь между занятиями физкультурно-спортивной деятельностью в старшем школьном возрасте и средним экзаменационным баллом (А), средним значением баллов по шкале СА (свобода ассоциаций) (Б) (баллы)

На рисунке 3 (Б) показана взаимосвязь между занятиями спортом в старшем школьном возрасте и средним значением баллов по шкале СА (свобода ассоциаций). Студенты, регулярно занимавшиеся спортом в старшем школьном возрасте и не переставшие заниматься во время обучения в вузе, имеют более высокие баллы по шкале СА (свободные ассоциации), коэффициент корреляции отражает наличие сильной взаимосвязи ( $r=0,94$ ). Из этого можно сделать о более высоком уровне развития творческих способностей, проявляемых через свободные ассоциации.

Занятия физкультурно-спортивной деятельностью могут существенно различаться по форме и содержанию. Поэтому мы ввели качественный критерий – наличие спортивного разряда. Наличие спортивной квалификации говорит о серьезности занятий выбранным видом физкультурно-спортивной деятельности.

Данные, представленные на рисунке 4 (А), показывают взаимосвязь между средним баллом и наличием спортивного разряда. Из более детального анализа полученных данных также видно, что девушки-студентки, регулярно занимавшиеся спортом и получившие спортивный разряд, имеют более высокие показатели успеваемости, однако вывод о лучшей

адаптации к образовательному процессу вуза по сравнению со студентками, которые не получили спортивного разряда либо регулярно не занимались спортом, делать преждевременно ввиду отсутствия значимых корреляционных взаимосвязей ( $r=0,28$ ). Самое низкое значение среднего балла имеют студенты, которые регулярно занимались физкультурно-спортивной деятельностью, но не получили спортивного разряда. У юношей средний балл оказался выше у студентов, не занимавшихся спортом, а у девушек средний балл выше у тех, кто получил спортивный разряд.

На рисунке 4 (Б) показана взаимосвязь между средним значением по шкале СА (свобода ассоциаций) и наличием спортивного разряда. Полученные результаты позволяют отметить, что студенты, регулярно занимавшиеся спортом и получившие спортивные разряды, имеют более высокие баллы по шкале СА (свободные ассоциации), причем наблюдается сильная степень корреляционной взаимосвязи ( $r=0,86$ ). Из этого можно сделать вывод о более высоком уровне развития творческих способностей, проявляемых через свободные ассоциации. Также можно судить о влиянии, оказываемом регулярными занятиями физкультурно-спортивной деятельности на творческие составляющие личности студентов.

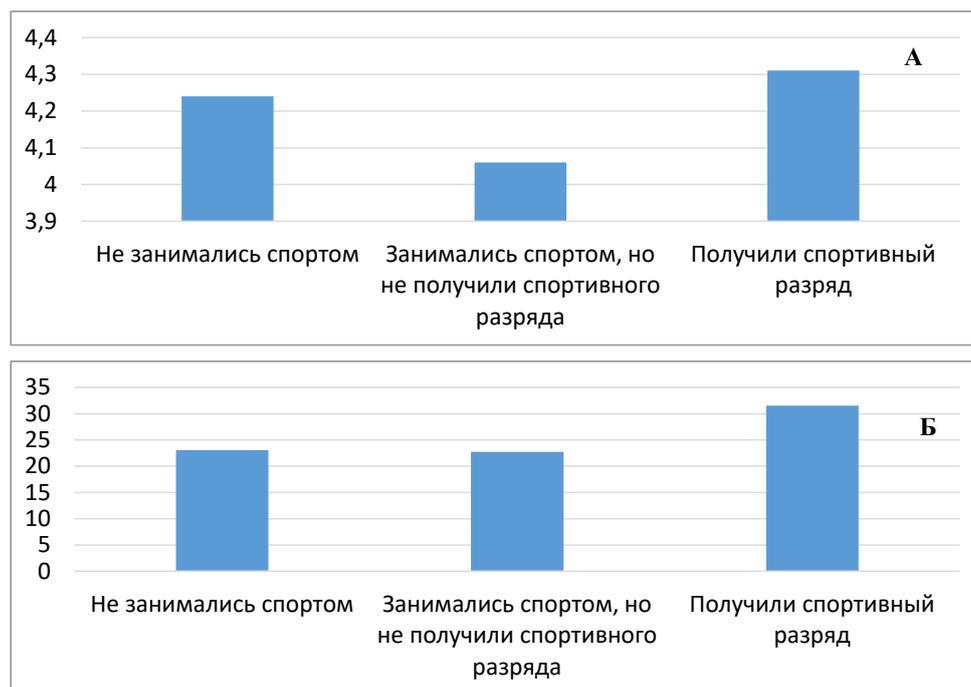


Рис. 4. Взаимосвязь между наличием спортивного разряда и средним экзаменационным баллом (А), средним значением по шкале СА (свобода ассоциаций) (Б) (баллы)

### Заключение

В результате проведенного исследования более высокий средний балл на экзаменах и самые высокие баллы теста СА (свободные ассоциации) показали студенты, занимавшиеся физкультурно-спортивной деятельностью в старшем школьном возрасте и продолжающие заниматься в вузе, по сравнению со студентами, посещавшими только обязательные занятия по физической культуре, кроме того, проявление творчески-созидательных способностей через свободные ассоциации у таких студентов более развито.

Таким образом, результаты исследования подтверждают гипотезу, предполагающую, что у студентов, регулярно занимавшихся физкультурно-спортивной деятельностью во время обучения в школе и продолжающих заниматься в вузе, проявление творчески-созидательной способности через свободные ассоциации более развито, такие студенты имеют более высокие показатели умственной работоспособности и успеваемости по сравнению с обучающимися, которые посещали только обязательные занятия по физической культуре. Полученные результаты показывают актуальность мероприятий, направленных на то, чтобы у студентов была мотивация не прекращать занятия спортом после поступления в вуз. В частности,

для совершенствования межличностных отношений студентов между собой и преподавателями вузов предлагается более активно участвовать в различных спартакиадах и физкультурно-спортивных фестивалях, популяризировать студенческий спорт, уделять большее внимание освещению студенческих соревнований и возможностям реализации студентами своих физкультурно-спортивных потребностей.

### Список литературы

1. Наговицын С.Г. Система формирования компетенций в сфере физической культуры в процессе обучения студентов в вузе. автореф. дис. ... докт. пед. наук. Набережные Челны, 2013. 47 с.
2. Чесно А.В., Ватраль О.П. Современные подходы к формированию здорового образа жизни обучающихся образовательных организаций // Физическая культура, спорт и здоровье. 2020. № 35. С. 137-140.
3. Волков Л.А. Взаимосвязь мотивов занятий физической культурой и психофизической подготовленности студентов вузов // Теория и практика физической культуры. 2020. № 4. С. 98.
4. Жуков Р.С., Гальцов А.О., Седнев А.В., Сметанин А.Г., Борисов П.С. Индивидуализация методики оздоровительной силовой тренировки студентов // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 147-151. DOI 10.17513/snt.38630.
5. Ватраль О.П., Чесно А.В. Особенности внимания студентов в процессе занятий физической культурой // Физическая культура, спорт и здоровье. 2020. № 35. С. 94-96.
6. Зиверт, Хорст. Тестирование личности: Типы задач. Примеры. Вопросы. Решения. Советы по поводу раскрытия личности. М.: АО «Интерэксперт», 1997. 200 с.

УДК 796.054.23

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИГРЫ СПОРТСМЕНА В НАСТОЛЬНОМ ТЕННИСЕ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

<sup>1</sup>Кобылянский Д.М., <sup>2</sup>Шлее И.П.<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», Кемерово, e-mail: dmitri.ktn@yandex.ru;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: shleeip@mail.ru

В статье затрагиваются проблемы, которые связаны с технико-тактическим розыгрышем очка в настольном теннисе, как после выполнения определенной подачи спортсменом, так и после ее приема. Наряду с технической подготовкой теннисиста очень важное место в общей подготовке к соревновательной деятельности занимает эффективность принимаемых спортсменом решений в любой сложившейся ситуации во время игры. В данной работе рассматриваются вопросы по повышению эффективности игры спортсмена в настольном теннисе за счет улучшения его технико-тактических действий во время отдельно взятого розыгрыша очка с конкретным соперником. Предложены различные вариации продолжений, способствующих повышению результативности игры, как после приема подачи из различных зон теннисного стола, так и после ее выполнения. Проведен анализ использования спортсменом комбинационной техники во время тренировочного процесса. Построены диаграммы, показывающие процентное увеличение в технико-тактических действиях теннисиста. Проведено сравнение количественных показателей выигрыша очка между остроатакующими спортсменами с теннисистами, играющими вторым номером. Дана оценка эффективности предложенных автором вариаций розыгрыша очка из различных зон теннисного стола. В заключение были сделаны выводы по результатам проведенного эксперимента.

**Ключевые слова:** настольный теннис, технико-тактические действия, комбинационная техника, координация, технический прием, розыгрыш очка

## IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF THE ATHLETE'S GAME IN TABLE TENNIS DUE TO THE USE OF COMBINATION TECHNIQUES

<sup>1</sup>Kobylyanskiy D.M., <sup>2</sup>Shlee I.P.<sup>1</sup>Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo, e-mail: dmitri.ktn@yandex.ru;<sup>2</sup>Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: shleeip@mail.ru

The article touches upon the problems that are associated with the technical and tactical drawing of a point in table tennis, both after a certain submission by an athlete and after its reception. Along with the technical training of a tennis player, a very important place in the general preparation for competitive activity is occupied by the effectiveness of decisions made by an athlete in any situation during the game. This paper examines the issues of improving the effectiveness of an athlete's game in table tennis by improving his technical and tactical actions during a single point draw with a specific opponent. Various variations of continuations are proposed that contribute to improving the effectiveness of the game, both after receiving a feed from various areas of the tennis table, and after its execution. The analysis of the use of combination techniques by an athlete during the training process is carried out. Diagrams showing the percentage increase in the technical and tactical actions of a tennis player are constructed. A comparison of quantitative indicators of winning a point between acutely attacking athletes with tennis players playing second number was carried out. An assessment of the effectiveness of the variations proposed by the author of the point draw from different zones of the tennis table is given. In conclusion, conclusions were drawn based on the results of the experiment.

**Keywords:** table tennis, technical and tactical actions, combination technique, coordination, technical reception, point drawing

Настольный теннис – одна из наиболее популярных и широко распространенных спортивных игр [1].

Известно, что наряду с хорошо поставленной техникой в настольном теннисе особое место занимает вопрос о технико-тактических действиях спортсмена во время выступления на различных соревнованиях. Нельзя не отметить, что для достижения желаемого результата теннисисту в совокупности с тактикой и техникой необходимо развивать и координационные способности.

Проведенные педагогические наблюдения за передвижениями сильнейших игроков

в настольный теннис выявили, что высоких спортивных результатов добиваются теннисисты, которые правильно и быстро передвигаются между ударами, успевая занять эффективную «ударную» позицию [2–5].

Цель исследования – выявить значение комбинационной техники для повышения эффективности игры спортсмена в настольном теннисе.

### Материалы и методы исследования

В теории современного настольного тенниса выделяют два основных параметра спортивной подготовки: техника и такти-

ка. Подробно рассматриваются принципы правильного выполнения ударов и передвижений спортсмена. Дается множество рекомендаций о том, в каких ситуациях и как нужно выполнять тот или иной технический прием, чтобы завладеть инициативой или непосредственно выиграть очко. Детально разработаны методические приемы для более качественного овладения рациональной техникой выполнения различных ударов и передвижений. Также подробно изучены основные тактические комбинации, которые должен применять игрок против играющих в разных стилях соперников. Даны конкретные методические рекомендации по отработке тактических комбинаций.

Однако, наблюдая за тренировками ведущих европейских и азиатских спортсменов, можно заметить, что основное игровое время игроки тратят на отработку не только одного технического элемента, но и различных сочетаний разных технических действий, добываясь свободного владения своим техническим арсеналом. При этом чем выше класс спортсмена, тем большая часть времени технической тренировки уделяется отработке связок разных технических элементов.

Тем не менее совершенствование какого-либо сочетания разных технических приемов относят к тренировке техники или отработке тактической комбинации, что не совсем корректно. Совершенствование связок разных технических элементов нельзя отнести к тренировке техники отдельных ударов, следующих друг за другом, так как, во-первых, сочетания элементов для отработки подбираются тренером и игроком не хаотично, а исходя из тактических соображений и стиливого направления игры спортсмена; во-вторых, при таких тренировках основное внимание уделяется не столько самим техническим элементам, сколько рациональному, правильному переходу от одного элемента к другому (передвижение, движение туловища, перенос центра тяжести, скоординированность действий и т.д.). Что касается тактики, то отработка сочетаний разных технических приемов может быть лишь частью тактической комбинации, не имеющей какого-то конкретного завершения. Тактическая комбинация, по сути, всегда предполагает какой-то результат: либо захват инициативы, либо непосредственный выигрыш очка, так как принимающий игрок находится изначально в крайне невыгодном положении [6].

По этим причинам есть смысл выделить тренировку связок технических действий в отдельную часть технико-тактической

подготовки – комбинационную технику, которая будет являться связующей нитью между техникой и тактикой (рис. 1). Комбинационную технику как отдельный вид подготовки выделяют, например, китайские специалисты, которые считают ее одной из важных частей технико-тактической подготовки.

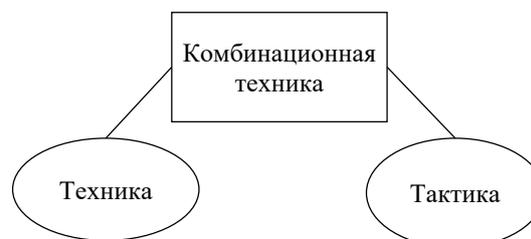


Рис. 1. Комбинационная техника

Комбинационная техника должна быть рациональной. Исходя из стилиевой направленности ведения борьбы, тренер и игрок должны выделить наиболее часто встречающиеся сочетания технических действий во время игры с разными соперниками и отшлифовать их на тренировках. Комбинационная техника спортсменов может отличаться количеством связок, координационной сложностью и степенью их освоенности.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Эксперимент проводился в специализированном зале для настольного тенниса, целью которого были апробация и внедрение метода комбинационной техники с помощью использования испытуемыми различных комбинационных связок, состоящих из определенных технических элементов, используемых в настольном теннисе.

В проводимом эксперименте было задействовано 25 теннисистов, у каждого из которых имелась своя индивидуальная техника выполнения технических элементов. На начальном этапе спортсменам необходимо было выполнить ряд наиболее часто встречающихся в соревновательной деятельности видов розыгрыша очка, как при приеме, так и после выполнения подачи. Во время приема подачи принимающему спортсмену были предложены следующие виды розыгрыша: прием короткой подачи в правый угол теннисного стола справа; прием короткой подачи в левый угол теннисного стола слева; прием вылетающей подачи в центральную часть стола справа; прием вылетающей подачи в левый угол теннисного стола слева. При выполнении подачи подающий направлял теннисный мяч в следующие зоны: подача справа

«веер» с левым нижним-боковым вращением из левого угла стола коротко в левый угол теннисного стола оппонента; подача справа «веер» с левым нижним-боковым вращением из левого угла длинно в левый угол теннисного стола оппонента; подача слева с правым нижним-боковым вращением коротко в правый угол теннисного стола оппонента; подача справа с обратным нижним-боковым вращением из левого угла длинно в центральную часть теннисного стола оппонента. Каждый розыгрыш очка теннисистом выполнялся двадцать раз. Полученные результаты представлены на рис. 2 и 3.

Анализ полученных результатов спортсменов после приема подач из четырех зон показал, что теннисисты, играющие в более агрессивный настольный теннис (рис. 2, столбцы красного цвета), имеют результативность выигрыша очка на 5–8% больше, чем теннисисты, принимающие подачу пассивно. Исключение составляет только

результативность выигрыша очка после приема короткой подачи из левого угла слева (рис. 2, столбцы желтого цвета). В этом положении принимающему игроку довольно рискованно начинать атакующие действия ввиду того, что расстояние от предполагаемой точки касания теннисного мяча с игровой лопастью ракетки игрока во время приема подачи до возможной точки касания мяча с противоположной стороной стола соперника невелико. Поэтому для придания мячу правильной траектории полета во время приема подачи необходимо выполнение ряда условий, а именно: выбор оптимального «угла атаки» принимающим игроком; точное выполнение атакующего технического элемента; придание мячу требуемого ускорения. Для игроков, не имеющих стабильного «начала» с короткой подачи из левого угла слева, атака по такому мячу весьма проблематична, поэтому игроки не хотят излишне рисковать и принимают подачу пассивно.

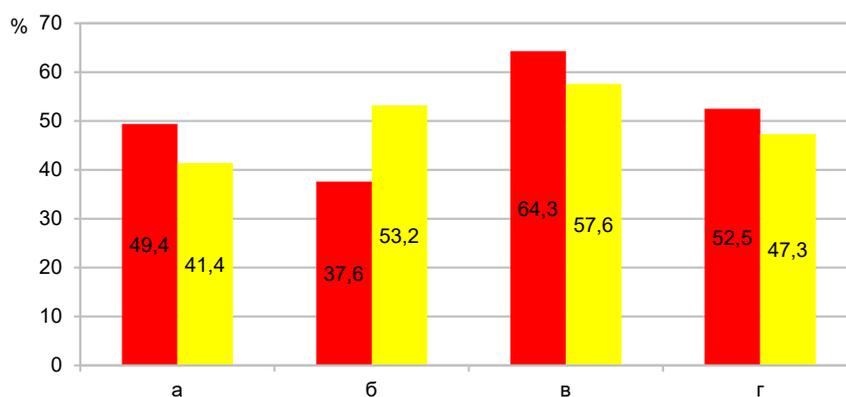


Рис. 2. Количество выигранных розыгрышей спортсменом после приема подачи:  
 а – после приема короткой подачи из правого угла справа;  
 б – после приема короткой подачи из левого угла слева;  
 в – после приема вылетающей подачи из центра справа;  
 г – после приема вылетающей подачи из левого угла слева

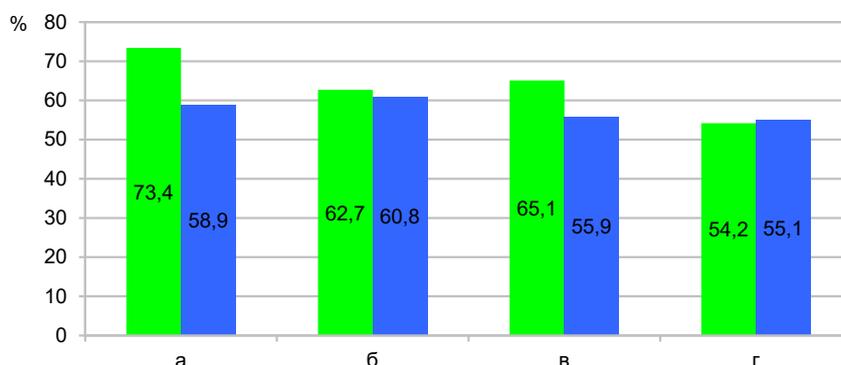


Рис. 3. Количество выигранных спортсменом розыгрышей после выполнения подачи:  
 а – после подачи справа «веер» коротко в левый угол;  
 б – после подачи справа «веер» длинно в левый угол;  
 в – после подачи слева коротко в правый угол;  
 г – после подачи справа с обратным вращением длинно в центр стола

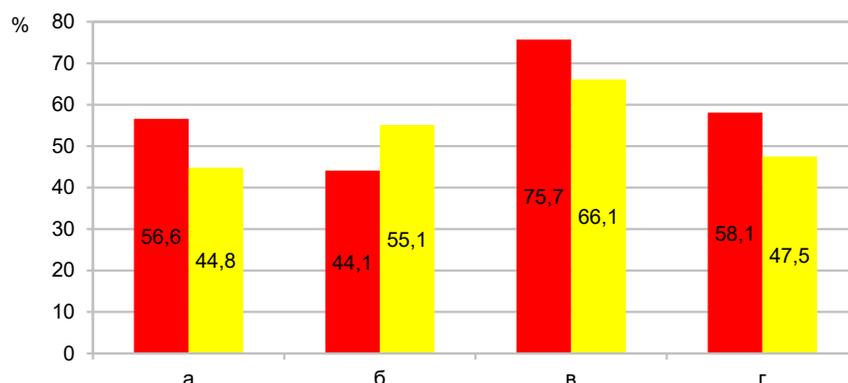


Рис. 4. Количество выигранных спортсменом розыгрышей после внедрения комбинаций при приеме подачи:

*а* – после приема короткой подачи из правого угла справа коротко в правый угол и длинно в левый угол;  
*б* – после приема короткой подачи из левого угла справа коротко в левый угол и длинно в левый угол;  
*в* – после приема вылетающей подачи из центра справа длинно в левый угол;  
*г* – после приема вылетающей подачи из левого угла слева в правый угол стола

Аналогичную ситуацию мы можем видеть на рис. 3, где представлены количественные показатели выигрыша очка спортсменом (столбцы зеленого цвета – теннисисты, играющие в агрессивный настольный теннис; столбцы синего цвета – теннисисты, предпочитающие пассивный настольный теннис) после выполнения своей подачи. Здесь также преимущество имеют игроки, пропагандирующие агрессивный настольный теннис. Их показатели на 2–14,5% больше, чем у игроков, отдающих инициативу сопернику. Если посмотреть на результаты теннисистов после выполнения подачи справа с обратным вращением в центральную часть стола, то здесь шансы на выигрыш очка примерно равны ввиду того, что прием данной подачи в значительной степени предсказуем и отразить атаку, зная предполагаемую зону приходящего мяча, не так сложно.

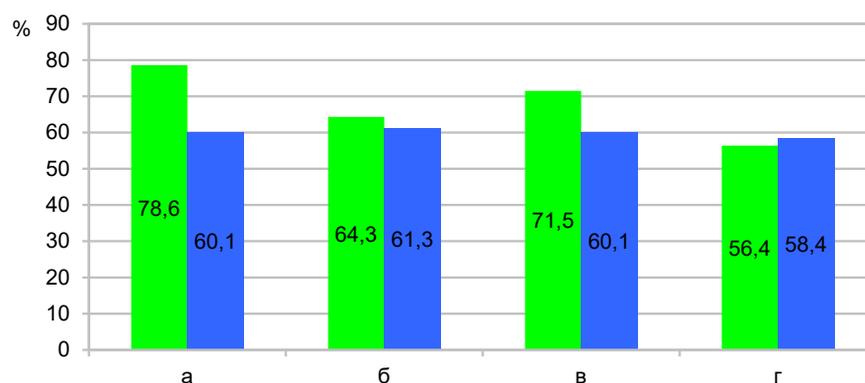
Из полученных результатов видно, что спортсмены, играющие более активно после выполнения своей подачи и при приеме подачи соперника, имеют значительное преимущество перед игроками, предпочитающими играть вторым номером. Но целью нашего исследования является не сравнение остроатакующих теннисистов с теннисистами, отдающими инициативу сопернику, а повышение эффективности игры спортсмена за счет различных комбинационных связок.

Для повышения эффективности игры спортсмена, как при приеме подачи из разных зон теннисного стола, так и после выполнения подач, теннисистам были предложены различные варианты розыгрышей. С помощью этих комбинаций спортсмен

мог бы более эффективно провести атаку с дальнейшим выигрышем очка. При приеме подачи из четырех зон теннисного стола, описанных ранее на рис. 2, спортсмену были предложены следующие варианты розыгрыша очка, результаты которых представлены на рис. 4.

Результаты показали, что после внедрения предложенных спортсмену комбинаций при приеме четырех подач из различных зон теннисного стола, процент выигранных розыгрышей спортсменом повысился. Если проанализировать результаты, представленные на рис. 4, то можно заметить, что показатели у теннисистов, играющих в агрессивный настольный теннис, увеличились значительно, особенно после приема вылетающей подачи из центра справа на 11,4%. Это обусловлено тем, что принимающий стал направлять мяч в неудобные для соперника зоны стола, тем самым создавая предпосылки для дальнейшей успешной атаки. У спортсменов, играющих обычно вторым номером, показатели также улучшились, но незначительно. Исключение составляет только, как и у остроатакующих игроков, розыгрыш мяча после приема вылетающей подачи из центра справа (увеличение на 8,5%). В этой ситуации принимающему игроку приходится прибегать к активным действиям, так как данная подача провоцирует спортсмена на атаку.

Исходя из результатов, представленных на рис. 5, можно увидеть, что внедрение комбинационного розыгрыша после выполнения подач в четыре определенных зоны стола позволило спортсменам более качественно продолжать дальнейший розыгрыш очка.



*Рис. 5. Количество выигранных спортсменом розыгрышей после внедрения комбинаций при выполнении подачи: а – после подачи справа «веер» коротко в левый угол; б – после подачи справа «веер» длинно в левый угол; в – после подачи слева коротко в правый угол; г – после подачи справа с обратным вращением длинно в центр стола*

Этому поспособствовала более акцентированная атака на слабые стороны соперника, а не хаотичный розыгрыш без тактической задумки со стороны подающего. Анализируя результаты, представленные на рис. 5, можно сделать вывод, что у спортсменов, играющих в остроатакующий настольный теннис, показатели увеличились на 1,6–5,2%. Также увеличились количественные показатели и у спортсменов, играющих вторым номером на 0,5–4,2%. Так как эти спортсмены предпочитают более размеренный настольный теннис, полученные результаты оказались ниже, чем у теннисистов, практикующих агрессивный настольный теннис.

### Заключение

Анализ полученных результатов эксперимента показал, что после внедрения в процесс розыгрыша очка комбинационной техники, как после приема подачи, так и после выполнения подачи спортсменом, повысился процент выигрыша очка во время игры более чем на 5%.

Это свидетельствует о том, что спортсмены после приема и выполнения подач начали более точно и тактически грамотно выбирать направления атаки, а также более уверенно и результативно разыгрывать ситуации в целом. Результаты эксперимента также подтвердили вывод о том, что более активные теннисисты, играющие в остроатакующем стиле, имеют существенные

преимущества в игре по сравнению с игроками, отдающими инициативу сопернику. Агрессивная манера игры в настольный теннис в сочетании с различными умело разработанными комбинационными связками существенно повышает уровень мастерства спортсмена и позволяет добиться хороших результатов.

Таким образом, применение комбинационной техники для повышения эффективности игры спортсмена в настольном теннисе можно считать успешным.

### Список литературы

1. Барчукова Г.В., Богушас В.М., Матыцин О.В. Теория и методика настольного тенниса. М.: Академия, 2006. 229 с.
2. Барчукова Г.В., Мизин А.Н. Влияние скоростных способностей в передвижениях на эффективность игры высококвалифицированных игроков в настольный теннис // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2020. № 2. С. 2–4.
3. Барчукова Г.В., Арутюнов Р.Г. Структура техники ударных передвижений в настольном теннисе // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2020. № 5. С. 58.
4. Свищев И.Д., Тамбовцева Р.В., Чермисинов В.Н., Лаптев А.И. Влияние визуального мышления на показатели сердечно-сосудистой системы организма человека // Теория и практика физической культуры. 2019. № 6. С. 52–54.
5. Лаптев А.А., Чан ТханьТьен. Структура техники передвижений теннисистов на площадках с разным покрытием: материалы Всероссийского форума «Молодые ученые–2011». М.: Физкультура и спорт, 2011. С. 165–167.
6. Демчук Е.Е., Юдаков А.М. Влияние вариативности приема подач на эффективность игры в современном настольном теннисе // Молодой ученый. 2017. № 3 (137). С. 614–616.

УДК 37.01:378.1

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ «ЯЗЫКОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ» ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

**Ковчина Н.В.***ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М.Ф. Решетнёва», Красноярск, e-mail: kovchina@mail.ru*

В статье раскрывается образовательный потенциал дисциплины «Языковые коммуникации», преподаваемой в техническом вузе для студентов 1-го курса в обязательной части блока «Дисциплины (модули)». Автор выявляет сущность и содержание основного понятия «языковые коммуникации», конкретизирует педагогический смысл языковой подготовки обучающихся по техническим специальностям в рамках изучения указанной дисциплины и в условиях реализации действующих ФГОС. Языковые коммуникации представлены как виды языкового общения, связанного с передачей некоторого содержания информации при помощи языковых знаков и средств через письменный или устный канал связи от одного индивида к другому. Рассмотрены основные составляющие рабочей программы дисциплины (цель, задачи, место, особенности аттестации, объем дисциплины, планируемые результаты обучения и индикаторы достижения их); также подробно описаны разделы дисциплины, аргументирована целесообразность и последовательность выбранных тематик, которая основывается согласно опросу студентов на возникновении необходимости успешного межкультурного взаимодействия при отсутствии у них такого опыта в поликультурном пространстве. Внимание акцентируется не только на знаниях, полученных обучающимися в ходе изучения дисциплины, но и на развитии навыков конструктивного социального взаимодействия, совершенствовании речевых умений, удовлетворении психологических и духовных потребностей юношеского возраста.

**Ключевые слова:** языковая подготовка, образование, обучающийся технического вуза, языковые коммуникации, взаимодействие

## EDUCATIONAL POTENTIAL OF THE SUBJECT “LINGUISTIC COMMUNICATION” FOR TECHNICAL PROGRAMMES

**Kovchina N.V.***Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk, e-mail: kovchina@mail.ru*

The article reveals the educational potential of the discipline “Linguistic Communication” taught at a technical university for the 1<sup>st</sup>-year students in the block of compulsory subjects “Disciplines (modules)”. The author reveals the essence and content of the main concept of “linguistic communication”, specifies the pedagogical meaning of the linguistic training of technical students in the framework of the discipline and in the context of the Federal State Educational Standards. Linguistic communication is associated with the transfer of some content of information using linguistic signs and means through a written or oral communication channels from one individual to another. The main components of the programme of the discipline (goal, objectives, place, features of examination, total workload, learning results and their achievement indicators) are considered; modules of the discipline are also described in detail, the expediency and consistency of the selected topics are reasoned, which, according to a survey of students, is based on the need for successful intercultural interaction whilst they have no such experience in a multicultural space. Attention is focused not only on the knowledge gained by students in the course of studying the discipline, but also on the development of the skills of constructive social interaction, the improvement of speech skills and the satisfaction of some psychological and spiritual needs of adolescence.

**Keywords:** linguistic training, education, technical student, linguistic communication, interaction

Затянувшаяся пандемия COVID-19, цифровизация и оптимизация обучения в вузе, деглобализация мировой экономики и современного общества, ограниченность или напряженность в общении между людьми по различным политическим и социокультурным соображениям создали условия для формирования новой личности. Для высшей школы – это вопрос формирования и совершенствования необходимых профессионально-личностных навыков и качеств студентов в образовательном процессе вуза, направленных на позитивное социальное взаимодействие в профес-

сиональной сфере. Разработка программ дисциплин, способствующих корректной социализации личности студента, обогащению его опыта продуктивного социального взаимодействия, формированию тех необходимых социально-психологических компетенций, которые позволят ему успешно участвовать в профессиональной и культурной жизни общества, в настоящее время является наиболее актуальной.

### Материал и методы исследования

Методологической основой настоящей работы послужили: деятельностный под-

ход, обуславливающий постижение научного знания целостно и во взаимодействии всех его компонентов, а также через организацию социального взаимодействия всех участников образовательного процесса; аксиологический подход, позволяющий целенаправленно проектировать подготовку по дисциплине «Языковые коммуникации» через формирование ценностного сознания и ценностного отношения к межличностному и межкультурному взаимодействию; личностный подход, способствующий всестороннему, гармоничному развитию личности студента технических направлений подготовки, а также рассмотрению ее как объекта и субъекта обучения и воспитания; системный подход, позволяющий рассматривать во взаимосвязи и целостно основные научные категории и оптимальные формы и методы изучения и представления объекта познания. Для решения поставленных задач особо выделяются следующие методы научного исследования: эмпирические – изучение и обобщение педагогического опыта вуза, беседа, опрос, анализ продуктов учебно-профессиональной деятельности обучающихся, наблюдение; частные лингвистические (в содержательной части рабочей программы дисциплины) – описательный, структурный, типологический и оппозиционный методы, метод стратификации, метод логического сопоставления.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Понятие «языковая коммуникация» относится к числу универсальных теоретических, что требует комплексного и междисциплинарного подходов, обращения к анализу научных дискурсов различных направлений. Это связано с тем, что языковая коммуникация является сутью социального бытия человека, важнейшей средой и источником человеческого поведения. Но, как показывает настоящее исследование, не обнаружено общепринятого понятия языковой коммуникации. Благодаря последним исследованиям ученых, рассматривающих язык как средство формирования и выражения мысли, а также проблемы соотношения языка с различными другими социокультурными явлениями (Визгалов П.И., Зубкова Л.Г., Колыхалова О.А., Комлев Н.Г., Манделикова Е., Маслов Ю.С., Тер-Минасова С.Г., Хабермас Ю., Хомский Н. и другие), нам удается эксплицировать понятие «языковая коммуникация» как социального процесса, связанного с передачей некоторого содержания разного вида информации при помощи языковых знаков и средств через письменный

или устный канал связи от одного индивида к другому. Данный процесс всегда протекает в определенной коммуникативной среде (культурном пространстве) и через активизацию речевой деятельности. Такого рода коммуникация достаточно специфична, поскольку, будучи частью процесса взаимодействия субъектов, предполагает учет разнообразных индивидуально-психологических их свойств и интенсификацию определенных их психических процессов, что в целом позволяет рассматривать языковую коммуникацию в контексте дискурса [1-3].

В зарубежной литературе не обнаружено использование термина «языковые коммуникации» во множественном числе. Тем не менее в отечественных источниках нередко прибегают к такой форме словосочетания, имея в виду *виды языкового общения и языковое разнообразие, методы и средства эффективной коммуникации* (Телегин Д.В., Радько С.Г., Балыхин М.Г., Трипольская Т.А., Булыгина Е.Ю., Москалец Л.Е. и другие) [4; 5]. Это позволяет нам конкретизировать содержание преподаваемой дисциплины в соответствии с действующими федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО) и основной профессиональной образовательной программой (ОПОП).

Дисциплина «Языковые коммуникации» относится к обязательной части ОПОП, реализуемой в блоке общеобразовательных дисциплин на 1-м курсе обучения; объем часов – 72 (2 зачетные единицы). В перечне планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, предложена универсальная компетенция (УК-4): способность осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах). Основной упор в достижении результатов по развитию компетенций делается на:

- *знания* основных норм современного русского языка и систему его функциональных стилей, основных лексических и грамматических норм иностранного языка (лексического минимума в объеме, необходимом для работы с научно-популярными и профессионально ориентированными текстами и для осуществления делового взаимодействия в устной и письменной формах);

- *умения* пользоваться справочной литературой, толковыми, нормативными, переводными двуязычными словарями; извлекать необходимую информацию из науч-

но-популярных и профессионально ориентированных текстов; писать связные тексты и вести беседу на знакомую или интересующую тему без предварительной подготовки; выразить свое мнение, точку зрения или отношение в межличностном и деловом общении;

- *навыки* создания на русском языке грамотных и логически непротиворечивых письменных и устных текстов учебной и научной тематики реферативного и реферативно-исследовательского характера [6].

Цель и задачи дисциплины согласуются с рекомендуемой компетенцией. Цель – формирование у студентов языковой и межкультурной коммуникативной компетенции, расширение кругозора, повышение уровня общей образованности, культуры мышления, общения и речи, а также формирование уважительного отношения к духовным ценностям других стран и народов. *Задачи* направлены на:

– овладение студентами коммуникативными стратегиями и тактиками, применяемыми для построения аргументированной и логичной речи;

– ознакомление с основными культурными особенностями и традициями стран изучаемого языка, с его языковыми особенностями и основами речевого этикета;

– научение студентов использовать справочную и научную литературу, образовательные сайты и другие интернет-источники, обобщать, анализировать и критически осмысливать полученную информацию, а также применять различные техники для самообразования и общекультурного развития.

Дисциплина предшествует курсу «Иностранный язык», и знания, умения и навыки, полученные в ходе ее изучения, являются необходимыми для последующего указанного курса. *Общая трудоемкость* дисциплины в одинаковой степени разделена между контактной работой с преподавателем и самостоятельной работой обучающихся (по 36 часов); форма промежуточной аттестации – *зачет* [6].

Данная дисциплина проводится в форме практических занятий, что позволяет активизировать учебный процесс, в большей степени закрепить имеющиеся знания, развить практические умения и навыки, абстрактное и логическое мышление. Самостоятельная работа в виде дополнительного изучения теоретических вопросов, подготовки доклада и написания эссе позволяет расширить и углубить знания по курсу, применить их в решении задач практического содержания, закрепить

изученное ранее через интериоризацию и презентацию.

Модульно-рейтинговая система обучения, принятая в СибГУ, позволяет выделить в содержании дисциплины *3 тематических блока* (раздела) в соответствии с вышеупомянутыми спецификой изучаемого понятия «языковые коммуникации» и требованиями к рабочей программе:

I. Язык и межкультурная коммуникация.

II. Основные особенности английского и русского языков.

III. Практика использования английского языка.

Согласно изучению особенностей языкового общения (Маслов Ю.С., Аксенова Г.Н., Кожухова Н.Е., Леманова Л.Р., Каменская О.Г., Кан Р.А., Стрекалова Е.Т., Запорожец М.Н.) значимым выделяется владение личностью фоновыми знаниями об используемом языке, о его реалиях, социально-культурной составляющей.

*Первый раздел дисциплины* актуализирует знания студентов о языке как средстве формирования и выражения мысли, как зеркале культуры, поскольку человек, используя родной или иностранный язык в общении с представителями других народов, способен открывать и делиться ее ценностями для достижения положительных результатов общения и его обогащения. Понимание того, что язык является составной частью культуры, ее инструментом и носителем, формирующим не только личность, но и всю понятийную картину мира, позволяет обучающемуся пользоваться им эффективно в разных сферах жизни (учебно-производственной, общественной, духовной). Кроме того, затрагиваемые вопросы этики, речевой нормы и культуры речи, ее стилей позволяют не только ознакомиться с унифицированными способами выражения мысли, лучшими образцами используемых средств, но и внести некое разнообразие и расширить представления обучающихся о языковом потенциале.

Наиболее важной для межкультурной коммуникации, по нашему мнению, в первом блоке можно выделить тему практических занятий «Национальный характер и менталитет разных народов мира», аккумулирующую уточнение основных понятий темы (стереотипы поведения, мышление, менталитет, национальная идея и характер), выявление факторов, влияющих на формирование национального характера того или иного народа, обсуждение основных этнических особенностей, способствующих сохранению его самобытности и привносящих в общую мировую культурную копилку

ку оригинальные образы, ценности и опыт. Сопутствующей является тема «Особенности невербального общения в разных странах», позволяющая не только ознакомиться со спецификой использования невербальных средств (мимики, пантомимики, жестов, телодвижений, зрительного контакта, акустических средств, дистанцирования и т.п.) в разных языковых культурах, но также применить полученные знания в ролевой игре «Мы все такие разные!», нацеленной на развитие навыка преодоления проблем невербальной коммуникации, нахождение оптимального способа взаимодействия с привлечением вышеуказанных невербальных средств общения, исходя из конкретной ситуации. В данных темах особенно ценен воспитательный компонент: содержательно темы преподносятся в контексте толерантного восприятия и уважительного отношения к образу жизни и мироощущению разных народов, к их социокультурным и духовным ценностям.

*Второй раздел дисциплины* «Языковые коммуникации» раскрывает основные особенности и характеристики английского языка в сопоставлении с русским (фонетические, лексические и грамматические), что достаточно полно раскрывается в темах практических занятий «Варианты английского языка», «Эквивалентная и безэквивалентная лексика – трудности перевода», «Ложные друзья переводчика». Вспомогательными обозначены темы, рассматривающие словообразование в английском и русском языках, термины и профессионализмы. Затрагиваемые вопросы позволяют рассмотреть не просто языковые сходства и отличия как данности, но увидеть разнообразие средств, предпосылки трудностей в использовании иностранного языка, результаты влияния других языков на изучаемый, ознакомиться и апробировать различные способы преодоления сложностей в иноязычном общении, научиться понимать ход мысли и формировать грамотные и логичные высказывания без опоры на имеющиеся языковые шаблоны.

В *третьем разделе дисциплины* особый упор делается на практическое использование английского языка в речи, поэтому наиболее соответствующими выделены темы по изучению его морфологических и синтаксических особенностей: сочетаемость слов в английском и русском языках, порядок слов в предложении, типы предложений, фразовые глаголы, предлоги, междометия, аббревиатуры, союзы, фразеологизмы и идиомы. Особо выделим воспитательный смысл, заложенный в изучение по-

слов и поговорок английского и русского языков: рассматривая их уникальность, дать обучающимся возможность проанализировать заложенную основу мысли, чувств и жизненного опыта носителей языков, примеры жизненных ситуаций, представления народов о таких непреходящих ценностях, как семья, труд, толерантность, любовь к Родине, также сравнить и утвердиться в духовно-нравственном плане в том, на что студенты как личности могут в дальнейшем опираться. В завершение курса предложено рассмотреть некоторые проблемы русскоговорящих людей в английской речи, такие как рунглиш, смешение вариантов английского языка и стилей речи, забвение речевых формул, которые зачастую помогают поддержать разговор в положительном тоне (приветствие, благодарность, обращение, извинение, выражение сочувствия и т.п.), принятие в учет особенностей культуры и мировосприятия носителей английского языка, причем живущих в разных странах, или, наоборот, признание своего мировоззрения единственно правильным.

Итоговые работы по каждому модулю связаны с продуктивной учебной деятельностью студентов, направленной не только на проверку усвоенных знаний, но также на развитие коммуникативного и творческого компонентов личности студентов, на выявление уровня понимания ими, как эти знания и умения можно интегрировать в собственный опыт межкультурного общения, на выстраивание пути обоюдовыгодного и конструктивного межличностного взаимодействия – это эссе, доклад с презентацией и проект. Также для закрепления теоретического материала и формирования необходимых умений и навыков прибегаем к интерактивным технологиям обучения (диалоговое общение, развитый критическое мышления, проблемный подход, комплексное взаимодействие приобретенных знаний, умений и навыков, формирование личностных качеств студентов), в частности на практических занятиях применяются такие методы обучения, как взаимообучение, ролевая игра, мини-тренинг, дискуссия, диспут, аквариум, мини-проект, интервью, что позволяет добиться лучших результатов, повысить мотивацию к учебе, создать атмосферу сотрудничества, формировать систему непреходящих ценностей.

#### Заключение

Дисциплину «Языковые коммуникации» преподают в СибГУ с 2018 года, ежегодно подвергая анализу и переработкам, исходя из полученных результатов

обучения и потребностей современного общества, как в содержательном плане наполняя и совершенствуя, так и в воспитательном – актуализируя и развивая. Она является хорошей вводной базой для дисциплины «Иностранный язык», особенно для технических направлений подготовки. Как показывает практика и опрос студентов технических специальностей, последовательность и содержание тем вызывает у них живой интерес, поскольку есть необходимость успешного межкультурного взаимодействия, исходя из реальности и имеющегося у них такого опыта в поликультурном пространстве. Положительным результатом освоения дисциплины следует считать не только знаниевую языковую подготовку, но и дальнейшее становление личности студентов в контексте развития навыков «неразрушительного» социального взаимодействия, в том числе с представителями других культур на иностранном языке, совершенствование речевых умений, связанных с поиском наиболее эффективных форм выражения мысли и преодоления барьеров коммуникации, удовлетворение

психологических и духовных потребностей юношеского возраста, таких как потребность в самовыражении, общении, самостоятельности и формировании независимой точки зрения.

#### Список литературы

1. Иплина В.И., Панфилова В.М. Интерактивные методы на уроках иностранного языка // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 6-1. С. 84-85.
2. Mandelíkova L. Language as a communication carrier and language communication as an activity // Национальная Ассоциация Ученых. 2016. № 10-2 (26). С. 18-21.
3. Новикова С.В. Языковая коммуникация как социолингвистическое явление // Горизонты современной лингвистики: тренды и научный диалог: материалы международной научной конференции, посвященной 50-летию педагогической деятельности проф. Э.Д. Сулейменовой / Отв. ред. М.М. Аймагамбетова, О.Б. Алтынбекова Алматы: Издательство «Қазақ университеті», 2020. С. 126-132.
4. Радько С.Г., Балыхин М.Г. Языковые коммуникации в управленческой деятельности // Вестник славянских культур. 2017. № 4. С. 51-60.
5. Телегин Д.В. Языковые коммуникации в современном обществе: социально-философский анализ: дис. ... канд. филос. наук. Москва, 2008. 182 с.
6. Рабочая программа дисциплины «Языковые коммуникации» для направления подготовки 35.03.10 Ландшафтная архитектура. Красноярск, 2022. 28 с.

УДК 378.147

## ДИАГНОСТИКА УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

**Кучинская Е.В.***Казачий институт управления и пищевых технологий (филиал)**ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления  
им. К.Г. Разумовского (ПКУ)», Димитровград, e-mail: ku4inskaja.len@yandex.ru*

В статье рассматривается проблема диагностики уровня сформированности экономического мышления специалистов атомной отрасли. Предприятия атомной отрасли, наряду с предприятиями других отраслей, заинтересованы в трудовых ресурсах высокого качества. Вузам для оценки качества подготовки специалистов необходим эффективный диагностический инструментарий. Предприятия атомной отрасли заинтересованы в специалистах, обладающих экономическим мышлением. Поэтому оценка сформированности экономического мышления должна проводиться в разрезе входящих в него компонентов: мотивационного, экономического, деятельностного и личностно-ориентированного. В статье раскрывается критериально-оценочная характеристика мотивационного, экономического, деятельностного и личностно-ориентированного компонентов экономического мышления специалистов атомной отрасли. Введён диагностический инструментарий для измерения обозначенных компонентов экономического мышления в 100-балльной системе. Определены уровни сформированности экономического мышления: низкий (адаптивный уровень), средний (допустимый уровень), повышенный (рефлексивно-оценочный уровень) и высокий (творческий уровень). Предложенный диагностический аппарат обеспечивает надежное измерение сформированности каждого из компонентов экономического мышления и продуктивное управление этим процессом. В ходе экспериментального исследования, в случае необходимости, возможно внести необходимые коррекционные управленческие действия в процесс формирования экономического мышления студентов, а также организовать многоплановый мониторинг по его формированию.

**Ключевые слова:** экономическое мышление, диагностический инструментарий, компоненты экономического мышления, уровни, атомная отрасль

## DIAGNOSTICS OF THE LEVEL OF FORMATION OF ECONOMIC THINKING OF SPECIALISTS IN THE NUCLEAR INDUSTRY

**Kuchinskaya E.V.***Cossack Institute of Management and Food Technologies (branch)**of the K.G. Razumovsky Moscow State University of Technology and Management,  
Dimitrovgrad, e-mail: ku4inskaja.len@yandex.ru*

The article deals with the problem of diagnosing the level of formation of economic thinking of specialists in the nuclear industry. Enterprises of the nuclear industry, along with enterprises of other industries, are interested in high quality labor resources. Universities need effective diagnostic tools to assess the quality of training of specialists. Nuclear industry enterprises are interested in specialists with economic thinking. Therefore, the assessment of the formation of economic thinking should be carried out in the context of its constituent components: motivational, economic, activity and personality-oriented components. The article reveals the criteria-evaluative characteristics of the motivational, economic, activity and personality-oriented components of the economic thinking of nuclear industry specialists. A diagnostic toolkit has been introduced to measure the indicated components of economic thinking in a 100-point system. The levels of formation of economic thinking are determined: low (adaptive level), medium (acceptable level), high (reflexively-evaluative level) and high (creative level). The proposed diagnostic apparatus provides a reliable measurement of the formation of each of the components of economic thinking and productive management of this process. In the course of the pilot study, if necessary, it is possible to introduce the necessary corrective management actions into the process of forming students' economic thinking, as well as to organize multifaceted monitoring of its formation.

**Keywords:** economic thinking, diagnostic tools, components of economic thinking, levels, nuclear industry

В современных условиях работодатели предъявляют высокие требования к кадровой составляющей предприятия, атомная отрасль не исключение. В частности, особое внимание уделяется владению специалистами экономическим мышлением. В свою очередь, данный феномен понимается как процесс отражения экономических отношений в сознании людей, получение экономических знаний и их применение в экономической деятельности. Вузы за-

интересованы в подготовке специалистов в соответствии с ФГОС, компетенции которых отвечают поставленным требованиям работодателей.

Для оценки сформированности экономического мышления специалистов атомной отрасли необходима продуктивная методика, позволяющая объективно охарактеризовать динамику изменения процесса экономического мышления на каждом этапе инженерной подготовки студентов посред-

ством качественного и количественного сопоставительного анализа результатов педагогического эксперимента с учётом специфики развития данного процесса [1].

**Материалы и методы исследования**

Для измерения уровня сформированности экономического мышления необходимо решить проблему определения критериев, показателей и уровней каждого из его компонентов. Для этого следует определить критериально-оценочную характеристику мотивационного, экономического, деятельностного и личностно-ориентированного компонентов экономического мышления специалистов атомной отрасли.

То есть следует разработать продуктивный диагностический инструментарий, обеспечивающий надежное измерение уровня сформированности исследуемого экономического мышления, а также в случае необходимости осуществлять коррекционные управленческие действия над процессом

формирования экономического мышления студентов.

Следует отметить, что разработкой диагностического аппарата для измерения различных личностных качеств и квалитметрии в сфере образования занимались многие исследователи [2].

Экономическое мышление специалистов атомной отрасли представлено взаимосвязью четырех компонентов – мотивационного, деятельностного, экономического и личностно-ориентированного. Сначала введем измерительный аппарат для оценки уровня сформированности экономического компонента.

Опираясь на «Положение о кредитно-модульной системе НИЯУ МИФИ», утвержденное 29.08.2017 г. [3, 4], нами введён диагностический инструментарий для измерения всех компонентов экономического мышления в 100-балльной системе. Рассматриваются следующие промежутки: I = [0; 60); II = [60; 70); III = [70; 90); IV = [90;100].

**Таблица 1**

Критериально-оценочная характеристика сформированности экономического компонента

Уровни сформированности	Показатели
Адаптивный	<ul style="list-style-type: none"> <li>– неглубокие знания экономической терминологии;</li> <li>– отсутствие четкого понимания функционирования экономики, как управлять доходами, расходами, собственными сбережениями;</li> <li>– поверхностные знания о способах обработки и передачи экономической информации;</li> <li>– общие представления о методах и приемах экономического анализа;</li> <li>– смутное представление о роли и месте своей страны в мировой экономике</li> </ul>
Допустимый	<ul style="list-style-type: none"> <li>– частичное осознание роли и места своей страны в мировой экономике;</li> <li>– поверхностные знания о способах обработки, анализа и передачи экономической информации, методов и приемов анализа;</li> <li>– весьма общие представления по использованию экономических критериев, выбору оптимального варианта из множества вариантов</li> </ul>
Рефлексивно-оценочный	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сформировано осмысленное понимание экономической терминологии, устойчивое стремление к использованию экономической терминологии в общении;</li> <li>– достаточно ярко выражено знание способов обработки и передачи экономической информации;</li> <li>– достаточно глубоко проявляет знание методов и приемов анализа;</li> <li>– осознанно понимает и рефлексивирует роль и место своей страны в мировой экономике;</li> <li>– ярко выражено представление о том, как выбирать оптимальный вариант из множества, используя экономические критерии при решении поставленной задачи;</li> <li>– яркое проявление экономических эмоций и чувств, возникающих в процессе потребления, накопления, производства</li> </ul>
Творческий	<ul style="list-style-type: none"> <li>– развитое умение выбирать оптимальный вариант из множества, используя экономические критерии при решении поставленной задачи;</li> <li>– высокий уровень обладания экономическими эмоциями и чувствами, возникающими в процессе потребления, накопления, производства, коллекционирования;</li> <li>– сформированы систематические осмысленные теоретические и прикладные знания в сфере экономики, необходимые для успешного изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин;</li> <li>– на высоком уровне осуществляется самообразование по углублению экономико-прикладных знаний в развитии экономического мышления;</li> <li>– сформированы глубокие системные и обобщенные знания посредством междисциплинарной интеграции экономических, гуманитарных, естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин</li> </ul>

Таблица 2

Критериально-оценочная характеристика сформированности мотивационного компонента [5]

Уровни сформированности	Показатели
Адаптивный	<ul style="list-style-type: none"> <li>– слабо выраженная мотивация к проектной деятельности;</li> <li>– практически полное отсутствие мотивационно-ценностного отношения к процессу познания экономических дисциплин;</li> <li>– отсутствие стремления к приобретению и развитию знаний о том, как функционирует экономика, как управлять доходами, расходами, собственными сбережениями;</li> <li>– стремление к взаимодействию с группой, умению работать над проектом совместно с другими участниками происходит спонтанно;</li> <li>– слабо выражено формирование мотивации к самообразованию и саморазвитию</li> </ul>
Допустимый	<ul style="list-style-type: none"> <li>– стремление к приобретению и развитию знаний о том, как функционирует экономика, как управлять доходами, расходами, собственными сбережениями, проявляется эпизодически;</li> <li>– недостаточно выражено стремление к самообразованию по углублению экономико-прикладных знаний в развитии;</li> <li>– формирование мотивации к саморазвитию, повышению своей квалификации носит несистемный характер;</li> <li>– стремление к взаимодействию с группой, умению работать над проектом совместно с другими участниками происходит нерегулярно и носит случайный характер</li> </ul>
Рефлексивно-оценочный	<ul style="list-style-type: none"> <li>– имеются явные позитивные предпосылки к развитию ценностно-смыслового отношения, развитию творческих и исследовательских способностей в процессе моделирования экономических проектов;</li> <li>– проявляется активная потребность и готовность к кооперации с однокурсниками;</li> <li>– формирование мотивации к самостоятельному проведению экономического моделирования занимает центральное место;</li> <li>– формирование мотивации к самообразованию и саморазвитию в сфере экономических знаний происходит осознанно;</li> <li>– высокий интерес и готовность к участию в разработке проектов</li> </ul>
Творческий	<ul style="list-style-type: none"> <li>– на высоком уровне проявляется стремление к обобщению полученных экономических данных и выстраивание на их основе стратегии поведения в различных экономических ситуациях;</li> <li>– устойчивое проявление мотивационно-ценностного отношения к познавательной, учебной деятельности в ходе изучения экономических дисциплин;</li> <li>– стремление к самостоятельному проведению экономического моделирования проявляется глубинно и осмысленно;</li> <li>– студент весьма осознанно и глубоко осуществляет взаимодействие с группой в процессе работы над проектом с другими участниками;</li> <li>– наличие ценностно-смыслового отношения к развитию творческих и исследовательских способностей в процессе моделирования экономических проектов;</li> <li>– глубинно осознается в успешном выполнении проекта</li> </ul>

Обозначим через N количество баллов, набранных студентом по данному компоненту. Далее, определим уровни сформированности:

- низкий (адаптивный уровень);
- средний (допустимый уровень);
- повышенный (рефлексивно-оценочный уровень);
- высокий (творческий уровень).

Если N принадлежит первому промежутку, то будем говорить о низком уровне сформированности. Если же N принадлежит второму промежутку, то речь пойдет о допустимом уровне сформированности. Аналогично в случае принадлежности N к третьему промежутку имеем повышенный, или рефлексивно-оценочный, уровень и, наконец, в случае принадлежности N к последнему промежутку говорим о высоком, то есть творческом уровне. В табл. 1 представлена критер

иально-оценочная характеристика сформированности экономического компонента.

Для оценки потребуется прохождение тестового задания, включающего вопросы по основам экономики. В тестовом задании должно содержаться 20 вопросов. Каждый правильный ответ оценивается в 5 баллов.

Далее, рассмотрим измерительный аппарат для определения сформированности по мотивационному компоненту экономического мышления. Для оценки сформированности мотивационного компонента необходимо включать тестовые задания, направленные на оценку мотивации в изучении экономических дисциплин.

Для определения уровня сформированности каждой ступени присвоим балл с шагом в 20 единиц. Получаем:

100 баллов – профессиональная потребность,

80 баллов – функциональный интерес,  
60 баллов – развивающаяся любознательность,

40 баллов – показная заинтересованность,  
20 баллов – эпизодическое любопытство,  
– равнодушное отношение – 0 баллов.

В табл. 2 представлена критериально-оценочная характеристика сформированности мотивационного компонента.

Переходим к рассмотрению измерительного аппарата по деятельностному компоненту. Сформированность данного компонента определяется также с учетом выполнения студентами специальных творческих заданий. На начальном этапе констатирующего эксперимента для оценки сформированности деятельностного компонента можно использовать анкету по проектному обучению и задачу.

Посредством анкетирования в рамках проектного обучения определяются те факторы, которые способствуют профессиональному саморазвитию обучающихся в ходе проектного обучения и разрабатывается система мероприятий по внедрению

проектного обучения. Максимальное количество баллов, которое может получить студент, равно 50.

Задача позволяет оценить умения студентов применять свои знания на практике, осуществлять последовательность действий для реализации поставленной задачи. Задача состоит из двух пунктов. Каждый пункт оценивается в 25 баллов.

В табл. 3 представлена критериально-оценочная характеристика сформированности деятельностного компонента.

Для оценки сформированности личностно-ориентированного компонента можно использовать опросники по изучению субъективности личности и тесты на самооценку рефлексивных умений. Посредством статистической обработки данных опросника и теста проводится количественная и качественная оценка личностно-ориентированного компонента каждого студента.

В табл. 4 представлена критериально-оценочная характеристика сформированности личностно-ориентированного компонента.

Таблица 3

Критериально-оценочная характеристика сформированности деятельностного компонента

Уровни сформированности	Показатели
Адаптивный	– низкий уровень владения современными техническими средствами для реализации проекта; – неглубокие теоретические знания о сущности проектной деятельности; – отсутствие способности прогнозировать результаты проективной деятельности; – отсутствие понимания реализации экономических проектов
Допустимый	– слабо выражены навыки разработки алгоритма экономических проектов; – недостаточно развиты умения самостоятельно разрабатывать, анализировать и представлять проекты, вырабатывать стратегии поведения; – вызывают определенные трудности в выполнении исследовательских экономических проектов в связи с отсутствием знаний в области математического моделирования и информационно-коммуникативных технологий; – слабо выражены навыки прогнозирования возможных рисков в ходе реализации проекта
Рефлексивно-оценочный	– владеет алгоритмами разработки экономических проектов; – достаточно владеет современными техническими средствами для реализации проекта; – умеет самостоятельно разрабатывать, анализировать и представлять исследовательские проекты; – способен выполнять экономические проекты с широким использованием математического моделирования и информационно-коммуникативных технологий; – хорошо владеет современными техническими средствами для реализации проекта
Творческий	– четко владеет навыками постановки цели и ее поэтапного решения; – ярко проявляет способности самостоятельно проводить экономическое моделирование; – уверенно владеет самостоятельной разработкой, анализом и представлением исследовательских проектов, выработкой стратегии поведения, умением учитывать возможные риски; – выражены способности к обобщению полученных экономических данных и на их основе выстраиванию стратегии поведения в различных экономических ситуациях; – обладает высоким потенциалом для самостоятельного выполнения исследовательских экономических проектов с широким использованием математического моделирования и информационно-коммуникативных технологий

Таблица 4

Критериально-оценочная характеристика сформированности личностно-ориентированного компонента [6, 7]

Уровни сформированности	Показатели
Адаптивный	– отсутствие навыков работы в коллективе; – низкий уровень профессионального и личного самоопределения; – отсутствуют способности к убеждению с использованием экономических аргументов; – слабая сформированность уровня культуры речи и владения правилами общения; – слабо выражены предпосылки к анализу и оценке своих действий и действий других; – не владеет навыками осуществления самостоятельного профессионального развития; – не обладает навыками и умениями убеждать, используя экономические аргументы
Допустимый	– недостаточно выражены умения организовать деятельность группы для реализации проекта; – владеет определенными навыками осуществления самостоятельного профессионального развития; – обладает начальными навыками и умениями убеждать, используя экономические аргументы
Рефлексивно-оценочный	– имеются определенные предпосылки к анализу и оценке результатов своей деятельности и деятельности других; – сформированы на должном уровне навыки и умения организовать деятельность группы; – проявляется способность к самооценке результатов своей деятельности и результатов деятельности других; – сформированы на достаточно высоком уровне умения организовать деятельность группы для реализации проекта; – сформированы умения убеждать, используя экономические аргументы
Творческий	– высокий уровень культуры речи и владение правилами общения с деловыми партнерами; – обоснованно и осмысленно оценивает свои способности и востребованность на рынке труда; – реализуется эффективное взаимодействие с группой в процессе работы над проектом совместно с другими участниками

### Заключение

С учетом разработанной структуры экономического мышления и изложенных выше положений предложена система критериев, показателей и уровней для оценивания исследуемого экономического мышления. Предложен диагностический аппарат для определения сформированности выявленных компонентов экономического мышления студентов – будущих специалистов атомной отрасли. Более того, диагностический аппарат обеспечил надежное измерение сформированности каждого из компонентов экономического мышления и продуктивное управление этим процессом. В случае необходимости возможно внести необходимые коррекционные действия в процесс формирования экономического мышления студентов в ходе экспериментального исследования, а также организовать многоплановый мониторинг по проверке эффективности выявленных педагогических условий в рамках предложенной модели формирования исследуемого мышления.

### Список литературы

1. Беляева Г.Б., Сироткина А.Г., Макарец А.Б., Федоренко Г.А. Роль экономической подготовки в формировании профессиональных компетенций выпускников инженерно-технических вузов для атомной отрасли // Глобальная ядерная безопасность. 2016. № 4 (21). С. 89–96.
2. Ильмушкин Г.М., Нечаева Н.Ю. Критерии и уровни сформированности организационно-управленческой компетентности будущих специалистов атомной отрасли // Современные наукоёмкие технологии. 2019. № 3. С. 100–106.
3. СМК-ПЛ-7.5-06 Положение о кредитно-модульной системе НИЯУ МИФИ. Версия 3.2. Утвержденное 29.08.2017.
4. Руденко В.А., Томилин С.А., Василенко Н.П. Основные проблемы организации подготовки специалистов для атомной отрасли в условиях внедрения профессиональных стандартов // Глобальная ядерная безопасность. 2016. № 3. С. 80–87.
5. Воробьева А.Ю. Педагогические средства формирования у студентов вуза положительной мотивации экономического образования // Мир образования – образование в мире. 2014. № 4. С. 76–81.
6. Батаршев А.В. Моделирование профессионально-личностного становления и развития педагога профессиональной школы // Педагогика. 2014. № 8. С. 68–77.
7. Дорофеев С.Н. Индивидуальные траектории обучения как средство реализации личностно-ориентированного обучения // Вестник Северо-Арктического федерального университета. 2013. № 2. С. 117–121.

УДК 377

## МОРАЛЬНО-ЭТИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЛИЧНОСТИ КАК ВАЖНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ВЫПУСКНИКОВ ЮРИДИЧЕСКИХ КОЛЛЕДЖЕЙ

Лежнева Н.В.

*Троицкий филиал ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Троицк,  
e-mail: Legneva\_nv@mail.ru*

В статье обосновывается необходимость развития морально-этической ответственности студентов юридических специальностей СПО как важной составляющей профессиональной ответственности будущих юристов. В аспекте темы исследования уточняются понятия профессиональная ответственность как «свойство личности, определяющее ее готовность к осознанной саморегуляции профессиональной деятельности на основе рефлексии ее последствий» и морально-этическая ответственность юристов как «интегративное свойство личности юриста, определяющее осознанную саморегуляцию его профессиональной деятельности в области права на основе осознанных и принятых им моральных и этических норм». Оценка сформированности морально-этической ответственности у студентов СПО юридических специальностей проводилась по методике И.Г. Тимощука, что позволило не только выявить общий уровень сформированности исследуемого параметра, но и конкретизировать отдельные параметры: рефлексию на морально-этические ситуации, интуицию в морально-этической сфере, ответственность (экзистенциальный аспект), альтруистические эмоции, морально-этические ценности. Сравнительный анализ результатов студентов вуза и колледжа юридических специальностей позволил выявить значимые отличия не только по обобщенному показателю морально-этической ответственности, но и по всем шкалам, кроме «нравственной интуиции»; полученные результаты были объяснены возрастными особенностями студентов, а также менее жесткими, по сравнению с вузом, правилами приема.

**Ключевые слова:** профессиональная ответственность, морально-этическая ответственность, подготовка юристов, колледж

## MORAL AND ETHICAL RESPONSIBILITY OF THE INDIVIDUAL AS AN IMPORTANT COMPONENT OF THE PROFESSIONAL RESPONSIBILITY OF LAW COLLEGE GRADUATES

Lezhneva N.V.

*Troitsk branch Chelyabinsk state university, Troitsk, e-mail: Legneva\_nv@mail.ru*

The article justifies the need to develop the moral and ethical responsibility of students of legal specialties of the SPO as an important component of the professional responsibility of future lawyers. In the aspect of the topic of research, the concepts of professional responsibility are specified as “a property of the individual that determines its readiness for conscious self-regulation of professional activity based on the reflection of its consequences” and the moral and ethical responsibility of lawyers as “an integrative property of the personality of a lawyer that determines the conscious self-regulation of his professional activity in the field of law based on conscious and accepted moral and ethical norms”. The assessment of the formation of moral and ethical responsibility among students of the vocational school of legal specialties was carried out according to the method of I.G. Tymoshchuk, which made it possible not only to identify the general level of formation of the studied parameter, but also to specify certain parameters: reflection on moral and ethical situations, intuition in the moral and ethical sphere, responsibility (existential aspect), altruistic emotions, moral and ethical values. The comparative analysis of the results of students of the university and the college of legal specialties made it possible to identify significant differences not only in terms of the generalized indicator of moral and ethical responsibility, but also in all scales, except for “moral intuition,” the results obtained were explained by the age characteristics of students, as well as less stringent, compared to the university, admission rules.

**Keywords:** professional responsibility, moral and ethical responsibility, training of lawyers, college

Формирование готовности к профессиональной ответственности у студентов вузов и СПО является важной составляющей их подготовки. О значимости сказанного свидетельствуют общие, универсальные или общепрофессиональные компетенции Федеральных государственных образовательных стандартов. Например, «ОК-4. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях, в том числе ситуациях риска, и нести за них ответственность» [1], или «ОПК-2. Способен анализировать

мировоззренческие, социальные и личностно значимые проблемы в целях формирования ценностных, этических основ профессионально-служебной деятельности» [2].

Специфика правовой деятельности обуславливает выделение в качестве важной составляющей профессиональной ответственности – морально-этическую ответственность.

Данное обстоятельство объясняется многими причинами. Прежде всего, тем фактом, что основополагающим принци-

пом профессиональной деятельности юриста должна являться «Справедливость». Без этого деятельность в области права теряет смысл. Кроме того, от работников в области права требуется соблюдение таких составляющих юридической этики, как объективность, независимость, беспристрастие, соблюдение «презумпции невиновности» и прав человека.

Кроме того, важной причиной, предопределяющей необходимость развития морально-этической ответственности у студентов юридических колледжей и вузов, является нерешенная в нашей стране проблема коррупции. По данным Международной службы статистики, «индекс восприятия коррупции» (ИВК) для России в 2021 г. равен 29 («0» – максимальный уровень коррупции, «100» – минимальный). Для сравнения: в Финляндии этот показатель равен 88; а в Южном Судане – 11. При этом баллы по годам меняются несущественно 30, 28, 28, 29 – соответственно в 2020, 2019, 2018, 2017 гг. Россия, исходя из приведенных данных, занимает 136 место из 180 стран. Достаточно сильна коррупция и в силовых структурах. По данным «РИА Новости» (09.12.2021), за первые 9 месяцев 2021 года в коррупционных действиях обвинены: должностные лица правоохранительных органов – 898 (в том числе органов внутренних дел – 672, приставы – 47, таможня – 30, следствие и дознание – 62 (СК – 19, МВД – 38), прокуроров – 16, судей – 9). Так как склонность к коррупции, по мнению ученых и практиков [3; 4], зависит во многом от осознания и принятия личностью морально-этических ценностей, выбранная нами тема, несомненно, актуальна.

В психолого-педагогической литературе последнего времени встречается достаточно много работ, связанных с изучением морально-этической ответственности студентов. Например:

- Н.Г. Баженова изучала влияние деятельности студентов в общественных организациях на формирование у них морально-этической ответственности [5];

- Е.В. Камнева использовала в качестве респондентов студентов экономических специальностей вуза и получила данные о соотношении сформированности у них морально-этической ответственности с таким параметром, как отношение к деньгам [6];

- Е.И. Коваленко проводила свои исследования в медицинском вузе, исследовав особенности морально-этической ответственности у ординаторов разных лет обучения [7];

- целью исследования Е.В. Крутых стало изучение особенностей сформированности компонентов морально-этической от-

ветственности и установление связи между ними у студентов технического вуза [8].

Достаточно полно представлены исследования, связанные развитием моральных и этических ценностей у будущих юристов, однако большая часть из них посвящена подготовке юристов вузе и носит теоретический характер.

Важно отметить, что недостаточная сформированность морально-этической ответственности приводит во многих случаях к профессиональным деформациям юристов, выбору несоответствующих, а часто и преступных методов работы, к незащищенности от негативного воздействия противоправных элементов и др. В связи с этим в настоящее время разрабатывается «Концепция деятельности юриста», основанием которой станет «...неотделимость морально-этических требований, предъявляемых к современному юристу, от общественной практики» [9, с. 99].

Перед началом исследования по оценке сформированности морально-этической ответственности у студентов юридических специальностей колледжа мы определили ключевые понятия исследования:

- профессиональную ответственность мы трактуем как свойство личности, определяющее ее готовность к осознанной саморегуляции профессиональной деятельности на основе рефлексии ее последствий;

- морально-этическую ответственность рассматриваем как интегративное свойство личности юриста, определяющее осознанную саморегуляцию его профессиональной деятельности в области права на основе осознанных и принятых им моральных и этических норм.

#### Материалы и методы исследования

Сказанное выше предопределяет необходимость целенаправленной, систематической работы по развитию морально-этических ценностей при подготовке юристов. Однако, прежде всего, важно оценить уровень сформированности у студентов указанных качеств. С этой целью нами был проведен эксперимент, в котором участвовали 362 студента СПО юридических специальностей (г. Челябинск) и 79 студентов Челябинского государственного университета (Троицкий филиал) различных специальностей и направлений подготовки, включая студентов специальности 40.05.01 «Правовое обеспечение национальной безопасности».

Исследование проходило на основе использования методики И.Г. Тимошука [10] «Диагностика уровня морально-этической ответственности личности» (ДУМЭОЛ), включающей шесть следующих шкал: «I. Рефлексия на морально-этические ситу-

ации (моральная рефлексия или рефлексия, актуализирующаяся в ситуациях, связанных с морально-этическими коллизиями и конфликтами). II. Интуиция в морально-этической сфере (нравственная интуиция). III. Экзистенциальный аспект ответственности. IV. Альтруистические эмоции. V. Морально-этические ценности. VI. Шкала лжи (социальной желательности)» [10, с. 37] и общий показатель, как результат суммирования данных пяти шкал. Данные по шестой шкале (социальная желательность) оценивались отдельно.

Результаты эксперимента были распределены, согласно методике И.Г. Тимощука, по уровням: «...низкий уровень морально-этической ответственности наблюдается при общем количестве баллов от 0 до 5 (менее 33% от максимально возможного балла); средний уровень от 5 до 15 баллов (34–59%); высокий – от 15 до 25 баллов (выше 60%)» [10, с. 39]. Если респондент набирал по «шкале лжи» (социальная желательность) три балла и выше, то его баллы в общих результатах не учитывались. При статистической обработке данных использовалась методика Стьюдента.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В таблице представлены результаты эксперимента для студентов колледжа и студентов вуза математических, психолого-педагогических и юридических направлений подготовки и специальностей. При этом анализировались как обобщенные результаты, полученные суммированием баллов по каждой шкале, так и данные по шкалам.

В таблице и на рисунке использовались следующие обозначения: «I – Рефлексия на морально-этические ситуации (моральная рефлексия или рефлексия, актуализирующаяся в ситуациях, связанных с морально-этическими коллизиями и конфликтами). II – Интуиция в морально-этической сфере

(нравственная интуиция). III – Экзистенциальный аспект ответственности. IV – Альтруистические эмоции. V – Морально-этические ценности. VI – Шкала лжи (социальной желательности)» [10, с. 37].

В графическом виде результаты тестирования для студентов юридических специальностей колледжа и вуза представлены на рисунке.

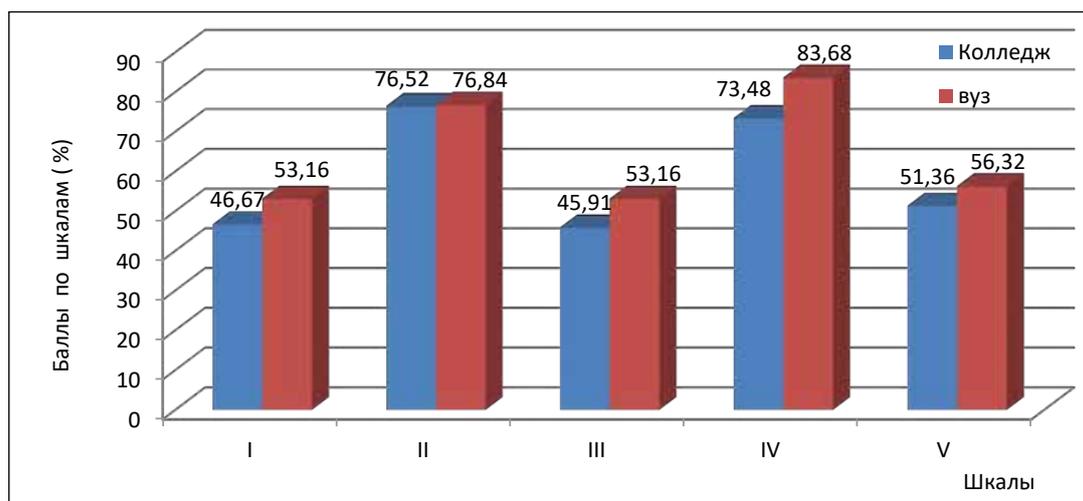
Анализ результатов, представленных в таблице и на рисунке, позволяет сделать вывод, что высокие баллы по обобщенному параметру морально-этической ответственности (выше 60% от максимально возможного балла) наблюдаются только у студентов вуза юридических специальностей и направлений подготовки. Средний уровень – у студентов других специальностей вуза и студентов колледжа. Значимые отличия между группами были зафиксированы по общему показателю исследуемого параметра только между студентами юридического колледжа и студентами вуза юридических специальностей.

При анализе результатов тестирования студентов колледжа по отдельным параметрам (таблица) было установлено, что по шкалам «нравственная интуиция» (II) и «альтруистические эмоции» (IV) показатели были на высоком уровне, соответственно 76,52% и 73,48% от максимально возможного балла. Несмотря на это, у студентов юридических специальностей вуза эти показатели были все же несколько выше, соответственно 76,84% и 83,68%. Отличия по показателям у студентов юридических специальностей вуза и колледжа были зафиксированы по всем шкалам, однако по шкале II – «нравственная интуиция» отличия были не значимые.

Попытка объяснить полученные результаты привела нас к необходимости проведения сравнительного анализа возрастных и индивидуальных особенностей студентов вуза и колледжа.

Результаты эксперимента по исследованию морально-этической ответственности студентов (в % от максимально возможного балла)

Студенты	Шкалы					Общий уровень (ОУ)
	I	II	III	IV	V	
СПО (юридические специальности колледжа на базе 9 классов)	46,67	76,52	45,91	73,48	51,36	58,91
Студенты математических и информационных направлений подготовки	54,40	59,60	40,80	78,00	48,00	56,16
Студенты юридических специальностей вуза	53,16	76,84	53,16	83,68	56,32	64,63
Студенты психолого-педагогических направлений подготовки	52,00	69,33	38,00	73,33	42,00	56,00



*Уровень развития морально-этической ответственности у студентов колледжа и вуза (юридические специальности)*

Согласно периодизации психического развития Д.Б. Эльконина [11], на которую мы опирались в нашем исследовании, подавляющее количество студентов колледжа (на базе 9 классов) имеют возраст от 16 до 18 лет, т.е. их возраст совпадает с окончанием периода ранней юности, студенты вуза на 2–3 года старше, и их возраст совпадает с началом взрослости.

В аспекте исследования важно рассмотреть ценностную составляющую личности студентов: по мнению ряда авторов [12; 13], система ценностей становится устойчивой, иерархической, влияющей на убеждения и взгляды человека, только к окончанию периода ранней юности. Кроме того, у большей части студентов СПО уровень рефлексии и саморегуляции деятельности еще недостаточно сформирован, и во многом они пока не способны взвешивать внешние и внутренние обстоятельства, что не позволяет им принимать достаточно ответственные решения.

В возрасте 16–18 (большинство студентов колледжа входили в эту возрастную группу) происходит интенсивное развитие эмоциональной сферы, однако при этом пока еще сохраняется разделение интеллектуальной и эффективной составляющей, чем можно объяснить разрыв между поведением и нравственным самосознанием. Особенно это характерно для студентов младших курсов колледжа, у которых часто внешние действия не соответствуют внутреннему состоянию [12; 14]. Доказательством этого служит тот факт, что у студентов колледжа в большей степени сформированы (таблица, рисунок) такие параметры, как «Интуиция в морально-этической сфе-

ре» и «Альтруистические эмоции» (соответственно 76,52 и 73,48 – высокий уровень), но недостаточно сформированы «Рефлексия на морально-этические ситуации» и «Экзистенциальный аспект ответственности» (соответственно 46,67 и 45,91).

На особенности проявления морально-этической ответственности оказывает влияние «кризис идентичности», который является характерным для рассматриваемого возраста. Кризис идентичности обусловлен «противоречиями между желаемым личностным и реальными достижениями... личность перестает совпадать с собой, и это приводит к психической напряженности, эмоциональной неуравновешенности» [14, с. 124]. При этом важно отметить, что преобразования, происходящие с личностью в период кризиса, становятся основой формирования устойчивых моральных и этических норм и правил, которые определяют характер и особенности проявления морально-этической ответственности.

Сравнительная оценка особенностей абитуриентов колледжа и вуза, проведенная по технологии экспертной оценки, позволила заключить, что на исследуемые показатели оказывает существенное влияние и жесткость конкурсного отбора. Например, в годы, где конкурс в колледж был достаточно высок, общий уровень морально-этической ответственности и показатели по шкалам значимо отличались в высшую сторону. Это говорит о связи уровня знаний и интеллектуального развития абитуриентов с показателями морально-этической ответственности (однако в этом случае нужны дополнительные исследования, которые мы планируем провести в дальнейшем).

### Заключение

Таким образом, исследование уровня развития морально-этической ответственности у студентов юридических специальностей колледжа позволило выявить проблемы в их подготовке к профессиональной деятельности в соответствии с ФГОС СПО, наметить программу дальнейшего исследования, включающую более глубокий анализ причин недостаточно высокого уровня обозначенных выше показателей, и разработать на этой основе систему воспитательной и коррекционной работы, которая будет представлена в следующих статьях.

### Список литературы

1. Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 40.05.01 Правовое обеспечение национальной безопасности. [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minobrnavki-rossii-ot-31082020-n-1138-ob-utverzhenii/> (дата обращения: 12.10.2022).
2. Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 40.02.02 правоохранительная деятельность. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.osu.ru/docs/fgos/spo/40.02.02.pdf> (дата обращения: 12.10.2022).
3. Гулевская А.Ф., Максимов В.П. Педагогические условия формирования социальной ответственности студентов экономических специальностей: монография. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2012. 105 с.
4. Муздыбаев К. Психология ответственности. М.: Изд-во Либроком, 2010. 248 с.
5. Баженова Н.Г. Исследование показателей морально-этической ответственности личности студентов Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема // ScienceTime. 2015. № 7. С. 13–18.
6. Камнева Е.В. Морально-этическая ответственность и отношение к деньгам в студенческом возрасте // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 1. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/01/76896> (дата обращения: 12.10.2022).
7. Коваленко Е.И. Диагностика уровня морально-этической ответственности личности ординаторов 1 и 2 годов обучения // Медицина и образование в Сибири. 2015. № 6. URL: <https://mos.ngmu.ru/archive/index.php?number=63> (дата обращения: 12.10.2022).
8. Крутых Е.В. Морально-этическая ответственность молодежи в эпоху глобализации // Научные труды КубГТУ. 2018. № 10. С. 131-140.
9. Бондаренко Л.К. Морально-этическая концепция юриста на современном этапе // Право: история и современность. 2019. № 2. С. 93-101.
10. Тимошук И.Г. Диагностический инструментарий исследования некоторых аспектов ответственности у студентов-психологов // Практическая психология и социальная работа. 2004. № 8. С. 37-40.
11. Эльконин Д.Б. Избранные психологические труды. М.: Педагогика, 1989. 560 с.
12. Блонский П.П. Психология и педагогика. Избранные труды. М.: Юрайт, 2020. 184 с.
13. Зимняя И.А. Педагогическая психология. М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2010. 448 с.
14. Зеер Э.Ф. Психология профессионального образования М.: Юрайт, 2019. 395 с.

УДК 378.4:004.1

**РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА  
В СФЕРЕ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**<sup>1</sup>Лукашов С.В., <sup>2</sup>Хохлова М.В.<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский государственный университет им. акад. И. Г. Петровского,  
Брянск, e-mail: sergelukashov@yandex.ru;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Брянский государственный технический университет,  
Брянск, e-mail: marvit13@yandex.ru

В статье излагаются методические аспекты реализации компетентностного подхода в сфере химического образования. В процессе анализа литературных данных по теме исследования сопоставлены понятия «химическая компетенция» и «компетентность». Обосновано выделение химической компетенции в качестве ключевой. Показано, что формирование химической компетентности у обучающихся способствует общему развитию личности обучающегося, поскольку предполагает владение навыками обращения с опасными химическими веществами, управления химическими процессами в быту и производстве, окружающей среде. Определены принципы отбора содержания и оценки результатов (индикаторов формирования компетенций) химического образования. Показаны приемы планирования результатов обучения при формировании общепрофессиональной компетенции. Рассмотрены примеры содержания заданий различного уровня сложности при формировании химической компетентности. Показано, что одним из эффективных приемов формирования химической компетентности является включение в процесс обучения в рамках выполнения лабораторных работ экспериментальных задач, кейс-заданий, ориентированных на конкретные области будущей профессиональной деятельности, для решения которых необходимы знания, умения и навыки в области химии. Таким образом, компетентностный подход в химическом образовании способствует подготовке профессионала новой формации, способного решать конкретные профессиональные задачи с учетом сформированной химической компетентности.

**Ключевые слова:** компетентностный подход, органическая химия, экспериментальные задачи, химическая компетентность, химическая компетенция, рабочая программа учебной дисциплины

**IMPLEMENTATION OF THE COMPETENCE APPROACH  
IN THE FIELD OF CHEMICAL EDUCATION**<sup>1</sup>Lukashov S.V., <sup>2</sup>Khokhlova M.V.<sup>1</sup>Bryansk State University named after acad. I.G. Petrovskogo, Bryansk,  
e-mail: sergelukashov@yandex.ru;<sup>2</sup>Bryansk state technical university, Bryansk, e-mail: marvit13@yandex.ru

The article describes the methodological aspects of the implementation of the competence approach in the field of chemical education. In the process of analyzing the literature data on the research topic, the concepts of chemical competence and competence are compared. The allocation of chemical competence as a key one is justified. It is shown that the formation of chemical competence among students contributes to the overall development of the student's personality, since it involves the possession of skills in handling hazardous chemicals, managing chemical processes in everyday life and production, and the environment. The principles of selecting the content and evaluating the results (indicators of competence formation) of chemical education are shown. The methods of planning learning outcomes in the formation of general professional competence are shown. Examples of the content of tasks of various levels of complexity in the formation of chemical competence are considered. It is shown that one of the effective methods for the formation of chemical competence is the inclusion in the learning process within the framework of laboratory work of experimental tasks, case tasks focused on specific areas of future professional activity, for the solution of which knowledge, skills and abilities in the field of chemistry are necessary. Thus, the competence-based approach in chemical education contributes to the training of a professional of a new formation who is able to solve specific professional tasks taking into account the formed chemical competence.

**Keywords:** competence approach, organic chemistry, experimental tasks, chemical competence, chemical competence, work program of the discipline

Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) по направлениям бакалавриата в части требований к результатам освоения образовательной программы предполагают формирование у выпускников универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций [1]. Выполнение указанных требований ФГОС ВО становится невозможным без компетентностно-ориентированного подхода в сфере образования [2].

Применение компетентностного подхода в образовательном процессе предполагает формирование определенного, четко структурированного комплекса компетенций, позволяющих выпускнику эффективно выполнять трудовые функции в выбранной профессиональной сфере, но при этом дает ему возможность реализоваться как личность со своими интересами, предпочтениями, со своим мировоззрением [3]. В связи с этим компетентностный подход предполагает выбор содер-

жания учебных дисциплин в неразрывной взаимосвязи с технологиями его реализации в образовательном процессе. При этом правильно подобранное содержание учебных дисциплин позволяет подготовить выпускника к профессиональной деятельности, а правильно подобранные технологии образовательного процесса – сделать это на высоком качественном и эффективном уровнях с учетом особенностей личности.

Так как любая образовательная программа предполагает формирование у выпускника определенного комплекса компетенций, необходимо рассмотреть их качественную иерархию. Структура компетенций, отраженная во ФГОС ВО, в соответствии с которой компетенции подразделяют на универсальные, общепрофессиональные и профессиональные, носит формализованный характер. Это связано с тем, что данный подход не позволяет в полной мере определить место реализации компетенции в структуре содержания образования [3].

В работе [3] описан подход к качественной иерархии компетенций, в соответствии с которым все компетенции подразделяют на три иерархических уровня. Компетенции каждого уровня соотношены с их реализацией в рамках содержания образования (табл. 1).

**Таблица 1**

Качественная иерархия компетенций

Уровень	Компетенции	Этапы реализации
I уровень	Ключевые	Общее содержание образования
II уровень	Общепредметные	Ряд учебных дисциплин
III уровень	Предметные	Одна дисциплина

Данный подход позволяет в качестве «ключевых» выделять не только универсальные компетенции, определяемые ФГОС ВО, но также общепрофессиональные и профессиональные. Например, компетенции химической направленности из числа общепрофессиональных и профессиональных можно отнести не только ко II и III уровням, а выделить их в качестве «ключевых», поскольку они направлены на формирование знаний, умений и навыков, необходимых не только для решения профессиональных задач, но и для обеспечения потребностей в повседневной жизнедеятельности, например при обращении с опасными веществами или отходами производства и потребления.

В работе [4] отмечается, что формирование ключевых компетенций химической направленности способствует развитию химической компетентности выпускника, которая позволяет решать профессиональные задачи в соответствии со своими жизненными ориентирами, установками, в соответствии со своим мировоззрением. По нашему мнению, развитие химической компетентности дает выпускнику возможность решать конкретные задачи не только в профессиональной сфере, но и в культурно-бытовой.

Формирование химической компетентности в рамках компетентностного подхода предполагает использование в образовательном процессе специальных технологий.

Считаем, что одним из эффективных приемов формирования химической компетентности является включение в процесс обучения в рамках выполнения лабораторных работ экспериментальных задач, кейс-заданий, ориентированных на конкретные области будущей профессиональной деятельности, для решения которых необходимы знания, умения и навыки в области химии. Поскольку компетентностный подход в химическом образовании способствует подготовке профессионала новой формации, способного решать конкретные профессиональные задачи, его реализация является актуальной задачей.

Авторами сделана попытка описать методические приемы реализации компетентностного подхода в сфере химического образования на стадиях планирования содержания образования и оценивания результатов обучения.

При выполнении исследований были использованы методы: планирование, наблюдение, анализ, синтез, педагогический эксперимент и др.

В соответствии с компетентностным подходом к подготовке кадров в высшей школе результатом химического образования будущего профессионала являются компетенции, позволяющие прогнозировать, предотвратить или сократить негативное воздействие на окружающую среду потенциально опасных химических факторов при осуществлении хозяйственной деятельности. Однако традиционное содержание химического образования в образовательных учреждениях высшего образования ориентировано преимущественно на общую химию и не позволяет на должном уровне сформировать компетенции прикладной направленности, в том числе в области химической безопасности, химической культуры, химического сознания и самосознания человека.

Проектирование содержания химического образования осуществлялось нами с учетом качественной иерархии компетенций образовательной программы. Вместе с тем были учтены достижения педагогической науки и практики, обобщенные в таких теоретических подходах, как деятельностный, личностно-ориентированный, интегративный [5]. Так, при проектировании содержания образования данные подходы позволили осуществить отбор дидактических единиц, не только соответствующих задачам формирования готовности будущего бакалавра к выполнению обоснованных и безопасных с точки зрения химии видов деятельности, но и направленных на формирование химического сознания, общей химической культуры, личностное развитие субъекта будущей профессиональной деятельности. Интегративный подход (на содержательном и процессуальном уровнях) позволяет в условиях сокращения аудиторных часов использовать содержание других учебных дисциплин в решении задач химического образования. Так, например, интеграция содержания учебных дисциплин «Химия» и «Физика» позволяет более углубленно изучить такие дидактические единицы, как «физико-химические методы исследования структуры химических соединений», «аппаратно-приборные комплексы для количественного анализа веществ», «физические методы очистки соединений» и др.

Учет основных принципов профессионального обучения: общих (научности, гуманизма, гражданственности), содержательных (целесообразности, единства фундаментальности и профессионально-прикладной направленности), организационных (преемственности и систематичности, дифференциации и индивидуализации обучения) и методических (сознательности и активности) – позволил придать процессу и результатам химического образования будущих бакалавров не только фундаментальную и прикладную, но и личностную направленность.

Например, при планировании содержания образования дисциплины «Химия» (для нехимических профилей подготовки) нами были выделены разделы: «Общая химия» (основные химические законы, химическая кинетика, химическое равновесие, окислительно-восстановительные системы); «Неорганическая химия» (изучение свойств и характерных реакций неорганических веществ, их использование в технологических процессах); «Органическая химия» (свойства и реакции органических соединений, их роль в технологических процессах

и влияние на окружающую среду). При этом на каждый раздел отводится примерно 1/3 общей трудоемкости дисциплины.

Для контроля результатов обучения нами были сформированы оценочные материалы, разработаны шкалы и процедуры оценивания [6] с учетом данных, представленных в работе [7].

Приведем пример планирования результатов обучения при формировании общепрофессиональной компетенции ФГОС ВО ФГОС ВО 04.03.01 Химия, направленность Аналитическая химия. Поскольку мы рассматриваем данную компетенцию как «ключевую», приводим данные безотносительно к конкретной дисциплине.

В рамках компетенции выделяется ряд индикаторов ее достижения. Каждому индикатору соответствуют результаты обучения в виде «Знаний», «Умений» и «Владений». При этом следует отметить, что при планировании результатов обучения могут быть выбраны не все указанные категории. Для каждого результата обучения определяется тип оценочного средства (табл. 2).

Определенную проблему представляет количественная оценка результатов обучения, поскольку требует разработки таких заданий, которые, с одной стороны, позволяли бы оценить запланированные «знания», «умения» и «навыки», а с другой – соответствовали бы определенной шкале, выражаемой в баллах. С целью разрешения данного противоречия нами была разработана балльно-рейтинговая шкала оценки результатов обучения. Данная шкала включает пять уровней, первый из которых соответствует «отсутствию знаний, умений или владений», а пятый – «полностью сформированным знаниям, умениям и владениям».

Для разработки оценочных материалов мы используем программный комплекс XML\_for\_Moodle\_Test\_with\_Image. Данное расширение позволяет преобразовывать документ Word, содержащий вопросы и ответы, набранные, как обычный текст в отформатированный соответствующим образом текст, с целью последующего импорта в Электронную систему обучения.

Данный инструмент предполагает выделение различных категорий вопросов, которые предназначены для проверки уровня сформированности компетенции.

Первый тип заданий включает вопросы, предполагающие, что студент выбирает один или несколько вариантов ответа. Такие задания соответствуют типу множественного выбора.

Например, в 560 г раствора КОН содержится 5,6 г КОН. Массовая доля КОН составляет: 2%; 1%; 13%; 17%.

Таблица 2

Планирование результатов обучения ОПК-2 ФГОС ВО 04.03.01 Химия, направленность Аналитическая химия

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Наименование оценочного средства (процедуры оценивания)
ОПК-2 Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<b>Знает:</b> 31 принципы работы с химическими веществами с соблюдением норм безопасности. <b>Владеет:</b> В1 навыками работы в химической лаборатории с соблюдением норм безопасности	Устные и письменные ответы на занятиях, подготовка рефератов, докладов, защита работ
	ОПК-2.2. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе	<b>Знает:</b> 32 основные методы исследования состава и строения химических соединений. <b>Владеет:</b> В2 навыками работы на приборах для химического и физико-химического анализа	Тестирование, выполнение кейс-заданий, защита работ
	ОПК-2.3. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	<b>Умеет:</b> У1 использовать разработанные методики для анализа реальных объектов	Письменная контрольная работа, решение комбинированных задач

Задание «Установите соответствие свойств конкретному соединению»

Уксусная кислота	↔	Является нелетучей
Молочная кислота	↔	Является слабой кислотой
Карболовая кислота	↔	Является успокоительным средством
Щавелевая кислота	↔	Является летучей
Глицин	↔	Имеет в структуре фенильный радикал

Программа XML for Moodle Test with Image позволяет включать в вопрос и ответы рисунки, формулы, диаграммы, что, по нашему мнению, дает возможность исключить элемент угадывания правильного ответа, способствует более глубокому осмыслению задания студентом и, как следствие, более объективной оценке результатов обучения.

Использованию студентами методов анализа и синтеза способствует тип заданий, включающих вопросы на соответствие. В химическом образовании это особенно актуально при изучении свойств органических веществ, так как они определяются строением их молекул. Без знания

принципов предсказания свойств веществ по их строению правильно выполнить задание данного типа практически невозможно.

В качестве примера можно привести следующее задание: «Установите соответствие свойств конкретному соединению» (задание).

Для проверки знаний постулатов, общих закономерностей, фундаментальных законов могут использоваться задания, которые предполагают, верным или неверным является определенное утверждение.

Например, сила диффузионно-ограниченного тока, протекающего через растущую каплю ртутного капающего электрода, возрастает пропорционально времени: да/нет.

При проверке результатов обучения из категорий «умения» и «владения» эффективно можно использовать тип заданий, вопросы которого приводятся в виде утверждений и не содержат вариантов ответа для выбора. Предполагается, что ответ должен быть получен обучающимся в процессе решения задания и записан в виде числа, пропущенного слова или формулы. Например:

Если вдвое разбавить водой 0,2М раствора HCl, то pH раствора станет равным: 1.

Кейс-задания позволяют осуществить комплексную проверку результатов обучения на уровне всех выбранных категорий [8], например: «Используя метод pH-метрии, определите кислотность озерной воды и рассчитайте концентрацию ионов водорода в ней. На основании полученных данных сделайте прогноз о возможном заболачивании данного водоема».

Приведенные выше примеры заданий оценочных материалов не только позволяют оценить уровень сформированности компетенций химической направленности, но и способствуют формированию химической компетентности. Так, при решении кейс-задания, приведенного выше, студент использует комплекс знаний, умений, владений из области химии, которые позволяют решать практическую прикладную задачу по сохранению окружающей среды и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности. Для использования метода pH-метрии необходимы знания фундаментальных законов химии и физики, таких как законы сохранения массы, химических эквивалентов, действующих масс, законы Фарадея. Умение прогнозировать динамику природного объекта требует определенных знаний из области биологии и экологии. Оценка потенциальной опасности последствий воздействия на природный объект предполагает владение методами токсологии и безопасности жизнедеятельности.

Также к показателям сформированности химической компетентности, кроме перечисленных выше признаков, следует отнести: проявление интереса к химическим явлениям в повседневной жизни, техноло-

гических процессах и окружающей среде; потребность в самосовершенствовании знаний, умений и навыков в области химии; желание применять химические законы при решении конкретных задач в области выбранной профессиональной деятельности, которые способствуют формированию личности будущего профессионала.

Таким образом, компетентностный подход в химическом образовании способствует подготовке профессионала новой формации, способного решать конкретные профессиональные задачи с учетом сформированной химической компетентности.

### Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 04.03.01 Химия. М.: Российская газета, 2017. 23 с.
2. Шалашова М.М. Компетентностный подход к оценке качества химического образования: монография. Арзамас: МИОО, АГПИ, 2011. 384 с.
3. Хуторской А.В. Метапредметный подход в обучении: научно-методическое пособие. М.: «Эйдос»; Издательство Института образования человека, 2016. 80 с.
4. Габриелян О.С., Краснова В.Г. Компетентностный подход в обучении химии // Химия в школе. 2007. № 2. С. 16.
5. Лукашов С.В., Хохлова М.В. Формирование химической компетентности в рамках изучения дисциплины «химия» // Педагогический дизайн в высшем и среднем профессиональном образовании: сборник научных статей научно-практической конференции с международным участием. Брянск: Издательство брянского государственного технического университета, 2021. С. 190-194.
6. Хохлова М.В., Лукашов С.В. Реализация принципов мониторинга качества основных профессиональных образовательных программ в инженерно-технологическом вузе // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27006> (дата обращения: 31.08.2022).
7. Бабаев Р.К., Панфилова Л.В. Тесты как элемент технологии оценивания результатов сформированности специальных химических компетенций // Актуальные проблемы химического образования: сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции учителей химии и преподавателей вузов / Под общей редакцией Н.В. Волковой. Пенза: Пензенский государственный университет, 2017. С. 126-130.
8. Китов А.Ю. Применение кейс-метода в организации самостоятельной работы бакалавров профессионального обучения при изучении дисциплины «Частные методики» // Развитие научного и художественного мышления как фактор воспитания личности: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, 2017. С. 182-189.

УДК 378.172

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД В МОНИТОРИНГЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КУРСАНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

<sup>1</sup>Мещеряков А.В., <sup>1</sup>Акчурин Ф.А., <sup>2</sup>Кодолова Ф.М., <sup>3</sup>Рохлин А.В., <sup>3</sup>Васильев О.С.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации  
имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева», Ульяновск, e-mail: aleksei236632@yandex.ru;

<sup>2</sup>ОГБОУ «Ульяновский колледж градостроительства и права», Ульяновск;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры,  
спорта, молодежи и туризма», Ульяновск

По мнению многих исследователей, человеческий фактор и аварийность на транспорте являются одной из наиболее актуальных проблем, доля которой среди причин авиапроисшествий достигает 90% случаев. Имеющиеся нормативные документы и публикации в научно-педагогических журналах констатируют актуальность разработки и реализации нового подхода в физической подготовке курсантов учебных заведений гражданской авиации. Такой подход должен быть направлен на оптимизацию психофизического состояния будущих авиационных специалистов при возникновении профессиональных экстремальных ситуаций. В вузовской практике подготовки к профессиональной деятельности, не исключая возникновения экстремальных ситуаций, по-разному решаются задачи, направленные на совершенствование психических и физических качеств обучающихся. В статье даны некоторые результаты при разработке прикладной основы анализа деятельности биосистем (организма человека) для использования в медицинских информационно-измерительных комплексах. Представлено обоснование и перспектива мониторинга физического развития организма человека, физической и функциональной подготовленности с использованием информационных технологий. Предложена к использованию в процессе обучения курсантов очной формы компьютерная программа по оценке и коррекции физической подготовленности и физического здоровья будущих авиационных специалистов. Информатизация процесса обучения и собственно апробация компьютерной программы позволили группировать полученные данные, учитывать зависимость между наличием физиологических резервов организма, энергетического потенциала биосистемы и экономизацией проявления функций. Итогом апробации компьютерной программы являются персональные рекомендации каждому курсанту по организации физической активности, самоконтролю и совершенствованию функций организма, повышению качества подготовки авиационных специалистов. Перспектива использования компьютерной программы в учебном процессе видится в том, что полученные результаты могут систематизироваться в зависимости от учебного заведения, даты обследования, количественного значения каждого из вводимых показателей, доступны выгрузка отчетов по выбранным группам, сохранение отчетов в спецбазе данных. Мониторинг физиологических параметров организма человека наиболее эффективен с использованием информационных технологий для последующего проектирования принципиальных схем специальных устройств дистанционного контроля и коррекции двигательных действий при возникновении экстремальных ситуаций.

**Ключевые слова:** мониторинг, анализ, биосистема, организм, деятельность, курсант, физическая подготовка, информатизация, компьютерная программа

## INFORMATION APPROACH IN MONITORING THE PHYSICAL FITNESS OF CADETS OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION OF CIVIL AVIATION

<sup>1</sup>Meshcheryakov A.V., <sup>1</sup>Akchurin F.A., <sup>2</sup>Kodolova F.M., <sup>3</sup>Rokhlin A.V., <sup>3</sup>Vasiliev O.S.

<sup>1</sup>Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Air Marshal B.P. Bugaev, Ulyanovsk,  
e-mail: aleksei236632@yandex.ru;

<sup>2</sup>Ulyanovsk College of Urban Planning and Law, Ulyanovsk

<sup>3</sup>Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism, Ulyanovsk

According to many researchers, the human factor and accidents in transport are one of the most pressing problems, the share of which among the causes of accidents reaches 90% of cases. The available normative documents and publications in scientific and pedagogical journals state the relevance of the development and implementation of a new approach in the physical training of cadets of educational institutions of civil aviation. Such an approach should be aimed at optimizing the psychophysical state of future aviation specialists in the event of professional extreme situations. In university practice, preparation for professional activity, which does not exclude the occurrence of extreme situations, tasks aimed at improving the mental and physical qualities of students are solved in different ways. The article presents some results in the development of an applied basis for analyzing the activity of biosystems (the human body) for use in medical information and measurement complexes. The substantiation and perspective of monitoring the physical development of the human body, physical and functional fitness using information technologies are presented. A computer program for assessing and correcting the physical fitness and physical health of future aviation specialists is proposed for use in the process of training full-time cadets. The informatization of the learning process and the actual testing of the computer program made it possible to group the data obtained, take into account the relationship between the presence of physiological reserves of the body, the energy potential of the biosystem and the economization of the manifestation of functions. The result of the testing of the computer program is personal recommendations to each cadet on the organization of physical activity, self-control and improvement of body functions, improving the quality of training of aviation specialists. The prospect of using a computer program in the educational process is seen in the fact that the results obtained can be systematized depending on the educational institution, the date of the survey, the quantitative value of each of the entered indicators, uploading reports for selected groups, saving reports in a special database of data. Monitoring of the physiological parameters of the human body is most effective with the use of information technologies for the subsequent design of circuit diagrams of special remote control devices and correction of motor actions in the event of extreme situations.

**Keywords:** monitoring, analysis, biosystem, organism, activity, cadet, physical training, informatization, computer program

Биологические объекты могут быть различной сложности. Их можно типизировать по многим признакам, систематизировать по различным уровням структурной и функциональной организации жизнедеятельности. Это позволяет приближенно определять адаптацию биологических объектов к воздействию окружающей и внутренней сред и отсюда – соответствующую эволюцию. Переходя к пониманию «биологическая система», отметим, что система является как открытой, так и закрытой, в которой обмен информацией, веществами и энергией происходит под контролем внутреннего управления и специфических механизмов генетической информации. Организм человека, являясь биологической системой, находится в непрерывном взаимодействии с преобразующимися условиями окружающей среды, техногенной обстановкой, межличностным взаимодействием и др.

Возникновение возможных экстремальных, чрезвычайных ситуаций – предъявляет повышенные требования к функционированию органов и систем организма, двигательной сфере и психике человека, имеющимся резервным возможностям. В практике высших учебных заведений при подготовке к последующей профессиональной деятельности наблюдаются различные подходы в решении задач, направленных на совершенствование профессионально значимых качеств. При этом для участников образовательного процесса важным видится освоение учебных нагрузок, независимо от предмета, с повышением мотивации к обучению и сохранением здоровья.

Анализ проблемы подготовки человека к экстремальным ситуациям показал, что подобные задачи зачастую определяются не столько общественным заказом, сколько опытом преподавателя, пониманием важности выживания профессионала в любой ситуации, предпочтением развития определенных, порой специфических психофизических качеств. Через освоение целенаправленных физических нагрузок организм выходит на более высокий уровень функционирования. Зачастую именно преподаватель устанавливает объем времени в системе урочных и внеурочных занятий. Преподаватель физического воспитания на практических занятиях осуществляет выбор средств и методов совершенствования способностей, воспитания личностных и необходимых профессионально важных физических качеств. В учебных заведениях Министерства транспорта преподавателями кафедр физической культуры интенсивно ведутся исследования физического состоя-

ния, резервов систем организма учащейся молодежи. Безусловно, что разумные физические нагрузки улучшают самочувствие, повышают уровень психического и физического здоровья, успешность освоения учебных программ, способность преодолевать экстремальные профессиональные нагрузки, способствуют повышению качества жизни.

По мнению большинства педагогов-новаторов, с одной стороны, для оптимизации физического здоровья необходим индивидуальный подход. Левушкин С.П. и др. утверждают, что «...индивидуализация в физическом воспитании осуществляется на основе персонификации методик подготовки, целью которых является достижение возрастно-половых нормативов физического состояния, основанных на среднестатистических нормах» [1]. Известны и методики реализации индивидуального подхода в физической подготовке школьников-подростков [1]. С другой стороны, сложившийся в медицине и в вузовском физическом воспитании подход, ориентированный на среднестатистическую норму, признается тормозом совершенствования профессионально значимых психофизических качеств специалиста, управляющего особо сложными системами.

Но индивидуальный подход к каждому обучающемуся фактически ограничивается временем занятия и количеством студентов/курсантов в учебной группе. В большей мере на практике реализуется типологический подход. Поэтому имеет смысл обратиться к работам авторов, рекомендующих учитывать типологические особенности [1; 2]. В значительной степени это относится к особенностям телосложения, физической подготовленности, деятельности центральной нервной системы. В этой связи авторами отмечается зависимость типа телосложения от моторики, связь телосложения с заболеванием, с уровнем физической подготовленности. Подобный подход менее затратен по времени, чем индивидуальный. Он позволяет давать задание и контролировать ход его выполнения, оценивать результат деятельности.

В последнее время широко обсуждаются индивидуально-дифференцированный подход и проблема типологизации в физическом воспитании на всех уровнях образования [3]. Авторами мониторируется физическая работоспособность студентов с разным уровнем двигательной активности [4], а также адаптация обучающихся к образовательной среде вуза [5]. Несомненно, что материализация физиологически обоснованных методик подготовки с учетом

типологических и индивидуальных особенностей обучающихся будет способствовать оптимизации физического воспитания участников образовательного процесса, поскольку активная двигательная деятельность – условие укрепления здоровья и продолжительности жизни [5].

Актуальным является широкое внедрение компьютерной техники в образовательные учреждения, информатизация образования, получение большого объема информации, требующей анализа и практического использования. Это подтолкнуло к исследованию, целью которого явилась разработка компьютерной программы и ее апробация в вузе гражданской авиации для оптимизации процесса физической подготовки будущих авиационных специалистов. При этом велась разработка общей фундаментальной и прикладной основы анализа деятельности биосистем для последующего использования в медицинских информационно-измерительных комплексах.

В соответствии с такой перспективой была поставлена задача: реализовать на практике вуза гражданской авиации индивидуальный подход в психофизической подготовке курсантов, основанный на учете типа телосложения с применением компьютерной программы, сконцентрированный на оптимизации их физического состояния при возникновении возможных профессиональных экстремальных ситуаций.

#### **Материал и методы исследования**

В проведенном нами исследовании использовались следующие методы, позволившие собрать массив для формирования базы данных:

1. Исследования функций внешнего дыхания с помощью сухого спирометра.

2. Исследования сердечно-сосудистой системы (электрокардиография и холтеровское мониторирование с помощью прибора «СМАД МД-01»).

3. Психофизиологические методы, в частности электроэнцефалография для анализа функционального состояния головного мозга и реакций при воздействии экстремума.

4. Тестирование физической подготовленности с использованием батареи двигательных тестов (быстрота: бег 30, 60, 100 м; общая выносливость: 1000, 3000 м; координационные способности – челночный бег 10x10 м; гибкость – наклон вперед; силовые качества: подтягивание на высокой перекладине, прыжок в длину с места).

5. Антропометрические методы исследования с определением длины и массы тела, окружности грудной клетки.

6. Метод исследования силовых показателей: динамометрия силы мышц сгибателей кисти с использованием динамометра ДК-100.

7. Математико-статистические методы: методы логической систематизации – группировка, классификация, и методы математической статистики с использованием пакетов Statistica и Excel.

Известно, что компьютеризация и информатизация образовательного процесса с использованием мультимедийного сопровождения практических и лекционных занятий – стимулируют интерес обучающихся к самостоятельной работе, в т.ч. по сохранению собственного здоровья. Гипотезой выступало предположение, что с использованием компьютерной программы оптимизируется подготовка курсантов к возможным профессиональным экстремальным ситуациям на занятиях по физической культуре. В последующем следовало определить эффективность методов развития основных, а также профессионально значимых физических качеств обучающихся на всех ступенях получения образования.

В исследовании приняли участие курсанты 1-4 курсов ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева» (УИ ГА), юноши и девушки (n=340) в возрасте 17-22 лет, обучающиеся на факультете подготовки авиационных специалистов.

На этапе разработки прототипа компьютерной программы нами не ставилась задача дифференцировать курсантов по специальностям. Но при этом было важно собрать значительный массив данных, характеризующих исходный уровень физического здоровья и физической подготовленности курсантов с целью подготовки к специфическим экстремальным ситуациям в профессиональной деятельности.

При организации исследования были предложены критерии распределения курсантов на группы по типам телосложения. При разработке данных критериев мы пользовались методом сигмальных отклонений от выборочной средней величины [6]. Для нормирования определена величина 0,67 сигмы.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

С использованием методов исследования преподавателями кафедры физической культуры и спорта определен (по возрастам, курсам обучения, гендерным различиям) уровень физического развития, физической подготовленности курсантов. Также определены состояния функций дыхательной, мышечной и сердечно-сосудистой систем.

Программа по оценке и коррекции физического развития и физической подготовленности студентов

Физическое развитие | Физическая подготовленность

Новый студент

Данные обследования

Дата: 13.09.2020  
 ВУЗ: УВАУ ГА  
 Курс: 2  
 Группа: П-09-6

Паспортные данные

Фамилия, Имя, Отчество: Бунин А.  
 Возраст: 18  
 Пол: Муж.

Физическое развитие

Длина тела, см.	178	Уровень: Средней
Масса тела, кг.	65	Средней
Окружность грудной клетки, см.	112	Высокой
Систолическое (верхнее) артериальное давление, мм рт.ст.	125	Выше нормы
Диастолическое (нижнее) артериальное давление, мм рт.ст.	75	В пределах нормы

Частота сердечных сокращений, уд/мин: 64 В пределах нормы  
 Жизненная емкость легких: 4500  
 Динамометрия правой руки: 49 Средней  
 Динамометрия левой руки: 47 Средней

Результаты

Индекс массы тела: 20,51  
 Индекс Ливе: 1  
 Индекс физического состояния: 0,729 Выше среднего

Кнопки: Рассчитать индексы, Отчет

Рис. 1. Интерфейс программы (1-я страница)

Программа по оценке и коррекции физического развития и физической подготовленности студентов

Физическое развитие | Физическая подготовленность

Быстрота

Бег 30 м, с: 4,3 Отл.  
 Бег 60 м, с: 9 Отл.  
 Бег 100 м, с: 12,7 Отл.

Общая выносливость

Бег 1000 м, мин, с: 3,20 Отл.  
 Бег 3000 м, мин, с (муж.): 11,28 Отл.

Силовые качества

Подтягивание на высокой перекладине (муж.): 20 Отл.  
 Препяк в длину с места, см: 225 Хор.

Координационные способности

Бег челночный 2\*10 м, с (жен.):  
 Бег челночный 10\*10 м, с (муж.): 25,5 Отл.  
 Наклон вперед, см: 6 Хор.

Результаты

Быстрота: Высокой  
 Общая выносливость: Высокой  
 Силовые качества: Высокой  
 Координационные способности: Высокой  
 Гибкость: Выше среднего  
 Интегральная оценка физической подготовленности: Высокой

Кнопки: Рассчитать, Отчет, Рекомендации

Рис. 2. Интерфейс программы (2-я страница)

Параллельно с проводившимися исследованиями шла разработка прототипа компьютерной программы по оценке и коррекции физической подготовленности курсантов, выполняющая:

1) систематизацию данных с учетом возраста, специализации, группы, развития двигательных качеств, общей подготовленности;

2) оценку развития физических качеств, общего уровня физической подготовленности;

3) статистическую обработку с определением средней арифметической величины, ошибки средней, среднего квадратического отклонения, подготовку и формирование отчета по результатам тестирования;

4) выгрузку в электронном и печатном виде индивидуальных рекомендаций по организации двигательной активности с определенным количеством занятий, продолжительности отдельного занятия, комплексом упражнений и пульсового режима для самоконтроля.

При этом программа при формировании отчетов учитывает зависимость между физическими характеристиками, физиологическими резервами биосистемы, их

реализацией при проведении тестирования и экономизацией функций.

На рисунках 1 и 2 показан интерфейс программы по оценке и коррекции физического развития и физической подготовленности курсантов.

Форма сформированного отчета программы по оценке и коррекции физического развития и психофизической подготовленности конкретного курсанта представлена на рисунке 3.

Программа по оценке и коррекции физического развития и физической подготовленности		
Отчёт		
Персональные данные		
Студент:	Бунин А.	ВУЗ: УВАУ ГА
Возраст:	18	Курс: 2
Пол:	Муж.	Группа: П-09-6
Дата исследования:	13.09.2020	
Физическое развитие		
<u>Показатель</u>	<u>Результат</u>	<u>Уровень</u>
Длина тела	178	Средний
Масса тела	65	Средний
Окружность грудной клетки	112	Высокий
Систолическое артериальное давление	125	Выше нормы
Диастолическое артериальное давление	75	В пределах нормы
Частота сердечных сокращений	64	В пределах нормы
Динамометрия правой руки	49	Средний
Динамометрия левой руки	47	Средний
Жизненная емкость легких	4500	
Индекс массы тела	20,51	
Индекс Пинье	1	
Индекс физического состояния	0,729	Выше среднего
Физическая подготовленность		
<u>Показатель</u>	<u>Результат</u>	<u>Оценка</u>
Бег 30 м, с	4,3	Отл.
Бег 60 м, с	8	Отл.
Бег 100 м, с	12,7	Отл.
Бег 1000 м, мин. с	3,20	Отл.
Бег 3000 м, мин. с	11,28	Отл.
Бег на лыжах 5000 м, мин. с	12,30	Отл.
Подтягивание на высокой перекладине	20	Отл.
Прыжок в длину с места, см.	235	Хор.
Бег челночный 10*10 м, с	25,5	Отл.
Наклон вперед, см.	6	Хор.
Физические качества		
<u>Показатель</u>	<u>Уровень</u>	
Быстрота	Высокий	
Общая выносливость	Высокий	
Силовый качества	Высокий	
Координационные способности	Высокий	
Гибкость	Выше среднего	
<b>Уровень физической подготовленности</b>	<b>Высокий</b>	

Рис. 3. Форма отчета программы

Студент:	Бунин А.	ВУЗ:	УВАУ ГА
Возраст:	18	Курс:	2
Пол:	Муж.	Группа:	П-09-6
Дата исследования:	13.09.2020		

По результатам проведенных двигательных тестов уровень Вашей физической подготовленности расценивается как **ВЫСОКИЙ**.

Для сохранения и укрепления здоровья воспользуйтесь следующими индивидуальными рекомендациями по организации самостоятельной мышечной деятельности:

- Общая продолжительность программы двигательной активности - 8 недель;
- Количество занятий в неделю - 3 раза;
- Продолжительность одного занятия - 30 мин.;
- Оптимальный пульсераой режим - 155,54- 161,6 уд/мин. ;
- Метод упражнений - непрерывный;
- Рекомендуемые тренировочные средства - бег, плавание, езда на велосипеде, катание на коньках, велотренажер, ходьба на лыжах, гребля, гребной тренажер, ритмическая гимнастика.

Выполнив данные рекомендации через 8 недель пройдите повторное обследование и получите новую программу оздоровительной тренировки.

Рис. 4. Форма рекомендации программы

Отталкиваясь от запроса (по уровню здоровья, полу, возрасту и другим определяющих характеристик), программа выдает индивидуальные рекомендации курсанту по физической активности, учитывающие общую продолжительность занятий, количество занятий в неделю, длительность отдельного занятия, оптимальный пульсовый режим, конкретные комплексы физических упражнений.

Форма рекомендации компьютерной программы отдельному курсанту представлена на рисунке 4.

Вследствие применения программы по оценке и коррекции физического развития и физической подготовленности исследуемые имеют индивидуально значимую оценку своего уровня физического здоровья по пятибалльной системе: 1 – низкий уровень; 2 – ниже среднего, 3 – средний; 4 – выше среднего; 5 – высокий.

По запросу курсантам выдают персональные карты с индивидуальными результатами, что при наличии соответствующего программного обеспечения дает возможность в домашних условиях осуществлять самоконтроль и коррекцию физического состояния.

Поиск конвергенции средств физической культуры и включение их в подготовку человека – оператора особо сложных систем, по нашему мнению, будет положительно сказываться на темпах совершенствования физического развития и физи-

ческой подготовленности, на результатах обучения. Конвергентный подход, как оказалось, дает возможность систематизировать знания не только в области предмета «Физическая культура», но и всю подготовку специалиста в учебном заведении. Проведенный анализ развития двигательных качеств исследуемых позволил выявить конвергенции и в структуре двигательной подготовленности представителей каждого соматотипа. Было предположено, что это обусловлено составом скелетных мышц, который является врожденным и в существенной степени предопределяет свойства мышц, активность отвечающих механизмов энергообеспечения. Так, ведущие свойства моторики дигестивного типа телосложения – быстрота и сила; отстающее – выносливость. Ведущими двигательными качествами представителей мышечного типа являются скоростно-силовые, а отстающими – сила и гибкость. Ведущим физическим качеством представителей астенического соматотипа видится выносливость, но отстающими качествами являются быстрота, гибкость, сила. Рациональная двигательная активность, как правило, способствует росту функциональных возможностей организма, улучшению физического состояния.

Авторами разработаны комплексы упражнений и планы-конспекты 156 занятий различной направленности: с преимущественным развитием выносливости, с наибольшим воздействием на скорост-

но-силовые качества, а также комплексное (равномерно-пропорциональное) развитие двигательных способностей. Рекомендации программы позволяют курсантам заниматься дополнительно, вне расписания, повышая свой уровень физической подготовленности.

Комплектование учебно-тренировочных групп курсантов, учитывая типологические особенности, позволило использовать более рациональную методику подготовки и наиболее прочное усвоение знаний и навыков при возможном возникновении экстремальных ситуаций в будущей профессиональной деятельности.

Перспектива использования компьютерной программы в учебном процессе видится в том, что полученные результаты мониторинга физического развития и физической подготовленности курсантов учебного заведения гражданской авиации могут систематизироваться в зависимости от учебного заведения, даты обследования, количественного значения каждого из вводимых показателей, доступны выгрузка отчетов по выбранным группам, сохранение отчетов в спецбазе данных.

#### Заключение

Исследование обосновывает важность анализа массива антропометрических, физиологических параметров, показателей физической подготовленности с использованием разработанной компьютерной программы. Проведенная работа по внедрению разработанной компьютерной программы по оценке и коррекции физического развития и физической подготовленности курсантов дала возможность получить важные для учебного процесса данные, систематизировать их и повысить качество подготовки авиаспециалистов. Это выразилось в индивидуально значимой оценке уровня физического здоровья, подготовленности на каждом этапе проведения мониторинга (в конце каждого семестра). Индивидуальные рекомендации компьютерной программы по физической активности стимулировали самостоятельные занятия курсантов. При этом дифференцированный зачет при сдаче контрольных нормативов, обязательных к выполнению всеми курсантами, также являлся показателем успешного освоения учебной программы.

В реализованном проекте отчасти решена проблема физической подготовки курсантов учебного заведения гражданской

авиации к экстремальным факторам профессиональной деятельности, и на основе типологических особенностей становится возможным судить об эффективности различных двигательных режимов и подходов к развитию моторики, культуры движений, экономизации функций организма.

Полученные при мониторинге результаты подтолкнули к идее проектирования принципиальных схем специальных микроустройств скрытого ношения для дистанционного мониторинга. Разрабатываемые в настоящее время коллективом авторов статьи носимые мониторинговые микроустройства планируется апробировать у курсантов-пилотов во время учебных полетов и использовать в работе авиационных специалистов гражданской авиации для контроля и коррекции двигательных действий при возникновении экстремальных ситуаций. Это позволит минимизировать роль человеческого фактора в возникновении и развитии экстремальных и чрезвычайных ситуаций в профессиональной деятельности авиаспециалистов, снизит материальные потери и жертвы при авиaproисшествиях.

*Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № № 20-07-00573, 20-07-00597, 20-07-00593.*

#### Список литературы

1. Левушкин С.П., Мищенко И.А., Фесенко М.С. Учет типа телосложения и механизмов регуляции физиологических функций у студенток в планировании физических нагрузок // Теория и практика физической культуры. 2021. № 11. С. 67.
2. Левушкин С.П., Хамзина В.А., Блинков С.Н. Исследование физического состояния учащейся молодежи: монография. Ульяновск, 2013. 160 с.
3. Мещеряков А.В. Индивидуально-дифференцированный подход и проблема типологизации в физическом воспитании студентов и курсантов // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24592> (дата обращения: 07.10.2022).
4. Юречко О.В. Физическое развитие и физическая подготовленность в системе мониторинга состояния физического здоровья школьников // Фундаментальные исследования. 2012. № 3-2. С. 324-327.
5. Хуторской А.В. Эвристическое обучение. Методика том № 3. Серия «Инновации в обучении». М.: Институт образования человека Центр дистанционного образования «Эйдос», 2013. 208 с.
6. Саттаров А.Э. Индексы телосложения и физическое развитие подростков и юношей, проживающих в высокогорной сельской и городской местности // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23151> (дата обращения: 08.10.2022).

УДК 37.048.4

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПОТЕНЦИАЛА СОВРЕМЕННЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
ОРИЕНТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ МЛАДШИХ КЛАССОВ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ**

**Милованова Л.А., Разливинских И.Н., Стерхова Н.С.**

*ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», Шадринск,  
e-mail: milovanova-45@mail.ru, Razlivinskikh@yandex.ru, uliana@shadrinsk.net*

В статье представлены результаты теоретического исследования потенциала современных форм организации образовательного процесса в профессиональной ориентации обучающихся младших классов общеобразовательной школы. Авторами показано, что подготовку гражданина России к осознанному выбору профессии, формирование у него понимания ценности труда в жизни человека и общества, а также бережного отношения к результатам труда в условиях современности необходимо осуществлять уже в младшем школьном возрасте. На основе обобщения опыта отечественных ученых-профориентологов составлена классификация форм организации профориентационной работы с обучающимися общеобразовательных школ и выявлены факторы, влияющие на содержательное наполнение мероприятий профориентационной работы с обучающимися младших классов. Используя полученные результаты исследования в качестве оснований, авторы систематизировали современные формы организации образовательного процесса в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью и серьезным потенциалом в решении задач данного направления работы. В качестве критерия систематизации использовалась принадлежность к тому или иному направлению реализации образовательного процесса в начальной школе. Формы организации образовательного процесса в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью, сгруппированы в четыре блока в соответствии с основными направлениями реализации образовательного процесса: учебная урочная деятельность, учебная внеурочная деятельность, воспитательная работа и дополнительное образование. Данный подход позволил максимально сориентировать содержание сформированных блоков форм организации образовательного процесса в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью, на учет выделенных выше факторов и выявить возможности каждой из форм в профессиональном ориентировании младших школьников.

**Ключевые слова:** профессиональная ориентация, обучающиеся младших классов общеобразовательной школы, современные формы организации образовательного процесса, блоки форм организации образовательного процесса в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью, потенциал современных форм организации образовательного процесса в начальной школе

**THEORETICAL STUDY OF THE POTENTIAL OF MODERN FORMS  
OF ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS  
IN THE PROFESSIONAL ORIENTATION OF STUDENTS  
OF JUNIOR GRADES OF SECONDARY SCHOOL**

**Milovanova L.A., Razlivinskikh I.N., Sterkhova N.S.**

*Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk,  
e-mail: milovanova-45@mail.ru, Razlivinskikh@yandex.ru, uliana@shadrinsk.net*

The article presents the results of a theoretical study of the potential of modern forms of organization of the educational process in the professional orientation of students of junior grades of secondary school. The authors show that the preparation of a Russian citizen for a conscious choice of profession, the formation of his understanding of the value of work in the life of a person and society, as well as a careful attitude to the results of work in modern conditions must be carried out already at primary school age. Based on the generalization of the experience of domestic career guidance scientists, a classification of the forms of organization of career guidance work with students of secondary schools has been compiled and factors affecting the content of career guidance activities with students of junior classes have been identified. Using the obtained research results as the basis, the modern forms of the organization of the educational process in primary school, which have a career orientation and serious potentials in solving the tasks of this area of work, are systematized. As a criterion of systematization, belonging to one or another direction of the implementation of the educational process in primary school was used. The forms of organization of the educational process in primary school, which have a career-oriented orientation, are grouped into four blocks in accordance with the main directions of the educational process: educational activities, extracurricular activities, educational work and additional education. This approach made it possible to maximally orient the content of the formed blocks of forms of organization of the educational process in primary school, which have a career orientation orientation to take into account the factors highlighted above and to identify the possibilities of each of the forms in the professional orientation of younger schoolchildren.

**Keywords:** professional orientation, students of the lower grades of secondary school, modern forms of organization of the educational process, blocks of forms of organization of the educational process in primary school with a career orientation, potential of modern forms of organization of the educational process in primary school

Реалии современного мира формируют запрос Российского государства в гражданах, готовых не только осознанно выбрать свою профессию, но и ценить труд как одну из главных «ценностей в жизни человека и общества, ответственно потреблять и бережно относиться к результатам труда» [1]. В связи с этим необходимы поиск и выявление потенциала новых форм профориентационной работы с подрастающим поколением.

В контексте профориентации период обучения в начальной школе носит ориентировочно-пропедевтический характер, поскольку нацелен, главным образом, на развитие адекватного отношения и интереса ребенка к труду. А его содержание может быть представлено включением младших школьников в различные виды деятельности, способствующие развитию у них адекватной самооценки, расширению коммуникативного опыта и базы индивидуальных способов деятельности, необходимой в дальнейшем в труде [2].

**Материал и методы исследования**

В педагогической литературе существуют различные подходы к классификации форм профориентационной работы с обучающимися, что подтверждается в исследова-

ниях П.А. Амбаровой, М.В. Немировского [3], Л.М. Бородули [4], Н.Н. Захарова [5], Е.М. Павлютенкова [6], Н.С. Пряжникова [7], С.Н. Чистяковой, Н.Ф. Родичева [8], В.А. Толочека [9] и др. Анализ данных трудов показывает, что в современных исследованиях уделяется недостаточное внимание изучению форм организации профориентации обучающихся младших классов, в то время как эффективность профориентационной работы во многом зависит от потенциала используемых форм организации образовательного процесса в начальной школе.

В связи с этим цель данного исследования – систематизация и выявление потенциала организационных форм образовательного процесса в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Опираясь на материалы анализа исследований ряда авторов (Л.М. Бородули [4], Е.М. Павлютенкова [6], Н.С. Пряжникова [7], С.Н. Чистяковой, Н.Н. Захарова [10] и др.), мы составили классификацию форм организации профориентационной работы с обучающимися всех ступеней общеобразовательных школ (рис. 1).



Рис. 1. Классификация форм организации профориентационной работы с обучающимися общеобразовательных школ

Таблица 1

Формы организации образовательного процесса в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью

Направления реализации образовательного процесса в начальной школе	Формы организации образовательного процесса в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью
Учебная урочная деятельность	Учебный предмет «Технология»
	Учебный предмет «Информатика и ИКТ»
	Учебный курс «Окружающий мир»
	Учебные предметы «Литературное чтение», «Изобразительное искусство», «Музыка»
	Учебные предметы «Русский язык», «Иностранный язык»
	Учебный предмет «Физическая культура»
Учебная внеурочная деятельность	Факультативы, кружки, спортивные секции
	Профориентационные экспедиции
	Формы организации ПОР исследовательской направленности (олимпиады, конференции, форумы, предметные недели)
	Фомы организации ПОР, организованные школьной библиотекой (игры-тренинги, профессиональные турниры, профориентационные викторины)
	Производственные экскурсии
Воспитательная работа	Игры, кейсы, мастер-классы, квесты, КВН
	Встречи с родителями
	Утренники
	Дискуссии, семинары, проекты, деловые игры
	Классные часы, оформление стендов и витрин о профессиях
	Беседы, лекции, просмотр видеофильмов
	Профессиональные пробы (игровые, учебно-профессиональные, пробы выбора профиля обучения и пр.)
Дополнительное образование	Занятия и участие в соревнованиях по программе JuniorSkills (Джуниор Скиллз)
	Система открытых онлайн уроков «ПроеКТОриЯ»
	Занятия в детских технопарках «Кванториум»

Из рисунка 1 видно, что классификация форм организации профориентационной работы с обучающимися общеобразовательных школ осуществляется по разным критериям: по продолжительности, по направленности помощи в профориентационной работе, по функциональности профориентационной помощи, по цели организации профориентационной работы и др.

Опираясь на данные критерии, следует выделить ряд факторов, которые влияют на содержательное наполнение форм организации профориентационной работы с обучающимися младших классов, среди них – цель профориентационной работы, обозначенная в ФГОС НОО третьего поколения и являющаяся системообразующим обстоятельством; «системно-деятельностный подход как главный методологический ориентир, обеспечивающий единство

обязательных требований к результатам освоения программ НОО» [1]; реализация основных направлений образовательного процесса в начальной школе (урочная и внеурочная деятельность, воспитательная работа; ориентация образовательного процесса на развитие функциональной грамотности и т.д.).

Выделенные обстоятельства дали нам основание систематизировать современные формы организации образовательного процесса в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью, которые, на наш взгляд, имеют серьезный потенциал в решении задач данного направления работы в школе. В качестве критерия систематизации была использована принадлежность к тому или иному направлению реализации образовательного процесса в начальной школе (табл. 1).



Рис. 2. Содержание и взаимосвязь блоков организационных форм образовательного процесса в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью

Итак, формы организации образовательного процесса в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью, можно сгруппировать в четыре направления реализации образовательного процесса: учебная урочная деятельность, учебная внеурочная деятельность, воспитательная работа и дополнительное образование. Такой подход, с одной стороны, максимально ориентирован на учет выделенных выше обстоятельств, связанных с внедрением нового ФГОС НОО, ориентацией на развитие функциональной грамотности и т.д.; с другой стороны, позволяет выделить четыре взаимосвязанных блока форм организации образовательного процесса в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью, и выявить их потенциал в профессиональном ориентировании младших школьников (рис. 2).

Далее мы обратились к выявлению потенциала различных форм организации образовательного процесса в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью. Для этого мы использовали методы анализа определений понятий данных форм, индукции и дедукции, а также обобщения научно-педагогического опыта.

Основу для определения понятий и выявления потенциала форм организации образовательного процесса в начальной шко-

ле, обладающих профориентационной направленностью, составили исследования М.В. Антоновой, О.И. Максимкиной [11], Т.А. Калгановой [2], Н.С. Пряжниковой [12], И.А. Симоновой [13], С.Н. Чистяковой, Н.Н. Захарова [10], Т.И. Шалавиной [14] и др.

Результаты проведенной работы позволили нам наглядно представить краткую характеристику организационных форм образовательного процесса в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью, и их возможностей в профессиональном ориентировании младших школьников (табл. 2, 3, 4, 5).

Тесным образом с формами организации учебной урочной деятельности в начальной школе, реализуемыми в рамках учебных предметов, обладающими потенциалом в профессиональном ориентировании младших школьников, связаны формы организации учебной внеурочной деятельности (табл. 3).

Учитывая содержание и специфику блоков 1 и 2, мы спроектировали содержание блока 3, продемонстрировав возможности форм организации воспитательной работы в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью (табл. 4).

Интегрированный характер носят формы организации дополнительного образования младших школьников, обладающие профориентационной направленностью, представленные в блоке 4 (табл. 5).

Таблица 2

Формы организации учебной урочной деятельности, реализуемые в рамках учебных предметов (УП), обладающие потенциалом в профессиональном ориентировании младших школьников (блок 1)

Формы организации учебной урочной деятельности в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью	Возможности форм организации учебной деятельности в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью
УП «Технология»	<i>возможности</i> освоения элементарных технологий обработки и изготовления изделий из различных материалов; работы с технологическими картами; освоения основ безопасности труда
УП «Информатика и ИКТ»	<i>возможности</i> освоения первоначальных навыков планирования целенаправленной деятельности человека, в том числе учебной деятельности и приобретения элементов ИКТ-компетентности
УП «Окружающий мир»	<i>возможности</i> приобретения первоначальных представлений о профессиях прошлого, настоящего и будущего, их значении в развитии человечества
УП «Литературное чтение», «Изобразительное искусство», «Музыка»	<i>возможности</i> формирования культуры отношения к профессиям прошлого, настоящего и будущего; развития ценностного отношения к труду и уважения к человеку труда
УП «Русский язык», «Иностранный язык»	<i>возможности</i> формирования культуры выражения и оформления мыслей и коммуникативного взаимодействия, отражающей представления ребенка о мире профессий, отношения к труду и т.д.
УП «Физическая культура»	<i>возможности</i> формирования культуры физического развития ребенка как основного ресурса для полноценных занятий трудовой деятельностью

Таблица 3

Формы организации учебной внеурочной деятельности, обладающие потенциалом в профессиональном ориентировании младших школьников (блок 2)

Формы организации учебной внеурочной деятельности в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью	Возможности форм организации учебной внеурочной деятельности в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью
Факультатив – учебный курс, предмет, изучаемый по желанию учащихся	<i>возможности</i> формирования начал профессионального самосознания; подготовки обучающихся к участию в «профессиональных пробах»
Кружки – предметное объединение учащихся, основанное на добровольном посещении	<i>возможности</i> расширения знаний детей о профессиях; развития позитивного отношения к профессиям и формирования первичной заинтересованности в профессиональных областях
Спортивные секции – форма организации спортивной деятельности детей, нацеленная на подготовку будущих спортсменов, проведение спортивных мероприятий	<i>возможности</i> формирования потребности в занятиях спортом на профессиональном уровне; осуществления первичного профессионально-спортивного выбора
Профориентационные экспедиции – форма погружения в глубокое ознакомление с профессиональным контекстом в качестве исследователя в условиях посещения производственных предприятий	<i>возможности</i> формирования представлений у обучающихся об организации современного производства; наблюдения за представителями выбранной профессии в рабочей обстановке
Профориентационные олимпиады – товарищеские соревнования учащихся, определяющие степень предрасположенности к будущей профессии	<i>возможности</i> развития рефлексивных способностей, способностей самоконтроля и самооценки; формирования умений мысленно планировать ход и результаты работы
Профориентационные конференции – форма организации взаимодействия исследователей, требующая проявления инициативы в расширении, закреплении и совершенствовании знаний	<i>возможности</i> углубления и демонстрации знания обучающихся об отдельных профессиях; повышения активности и стремления учащихся в осознанном выборе будущей профессии
Профориентационные форумы – форма учебной дискуссии, предполагающая обсуждение, сходное с «заседанием экспертной группы», вступающей в обмен мнениями с «аудиторией»	<i>возможности</i> обмена опытом с единомышленниками; обсуждения актуальных проблем в мире профессий

Окончание табл. 3

Формы организации учебной внеурочной деятельности в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью	Возможности форм организации учебной внеурочной деятельности в начальной школе, обладающих профориентационной направленностью
Предметные недели – интегрированная форма учебной, внеурочной и воспитательной работы в школе, предполагающая рационально отстроенную совокупность конкурсов, игр, олимпиад, викторин и т. п.	<i>возможности</i> обучения действиям по самоподготовке и саморазвитию; формирования профессиональных качеств в избранном виде труда
Игры-тренинги – реализуемые в игровой форме занятия активного обучающего характера, позволяющие подкрепить теоретические знания детей развитием практических навыков	<i>возможности</i> погружения в разные виды деятельности, ориентированные на профсамоопределение посредством игры; обучения в игровой форме
Профессиеведческие турниры – командное соревнование, мобилизующее учащихся на теоретическую и практическую подготовку	<i>возможности</i> знакомства с основными качествами людей разных профессий; формирования умений работать в команде
Производственные экскурсии – форма ознакомления учащихся с техникой и технологией в рамках посещения современного производства	<i>возможности</i> формирования понимания роли труда в жизни человека и общества и установки на выбор профессии; демонстрации основных качеств людей профессии в реальных условиях

Таблица 4

Формы воспитательной работы в начальной школе, обладающие потенциалом в профессиональном ориентировании младших школьников (блок 3)

Формы организации воспитательной работы в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью	Возможности форм организации воспитательной работы в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью
Мастер-классы – современная форма проведения обучающего тренинга для отработки практических навыков	<i>возможности</i> обучения участников конкретным навыкам, имеющим отношение к той или иной профессии; обучения навыкам адекватной самооценки
Профориентационные квесты – интеллектуальный вид игровых развлечений, преодоление препятствий, решение определенных профессионально ориентированных задач, разгадка логических загадок, преодоление трудностей, возникающих на пути достижения обозначенной цели	<i>возможности</i> отработки навыков профессий на практике; приобретения навыков эффективного общения в разных формах и условиях и умений продуктивно работать в команде, находить компромиссы для достижения общей цели; помещения в специально созданные условия, раскрывающие творческий потенциал детей; формирования универсального способа решения жизненных проблем
Утренники – форма отчета о творческой деятельности всех участников, показатель ее эффективности	<i>возможности</i> демонстрации приобретенных умений и навыков; формирования чувства гордости за достигнутые успехи
Деловые игры – форма организации воспитания, предусматривающая упрощенное воспроизведение детьми ситуаций, имитирующих реальные профессиональные и предпрофессиональные ситуации в игровом формате	<i>возможности</i> обучения видению необходимости в определении профессии через выполнение разнообразных творческих заданий; выявления предпосылок развития профессионально важных качеств детей
Классные часы – форма организации воспитательной работы в классе, стимулирующая активное участие в специально организованной учителем деятельности	<i>возможности</i> усовершенствования социальных установок учащихся; обучения навыкам самопрезентации и другим профориентационным навыкам; формирования системы отношений к окружающему миру
Оформление стендов и витрин о профессиях – создание конструкций напольного или настенного размещения, предназначенных для визуализации текстовой и графической информации	<i>возможности</i> осознания учащимися ценности и важности профессий для общества; воспитания в детях положительного отношения к различным видам профессий
Профессиональные пробы – испытания младших школьников, моделирующие элементы конкретного вида профессиональной деятельности, организуемые в форме продуктивных заданий, выполняемых учащимися в квазипрофессиональном (в лабораториях, учебных мастерских) либо вне профессионального (в школьном классе, в форме домашней работы и т.д.) контекста	<i>возможности</i> приобретения школьниками основных сведений о профессиях, входящих в данную сферу профессиональной деятельности; получения информации о качествах, необходимых для овладения той или иной профессией; ознакомления с технологией определенных работ, правилами безопасности труда, санитарии и гигиены и др.

Таблица 5

Формы дополнительного образования младших школьников, обладающие потенциалом в профессиональном ориентировании (блок 4)

Формы организации дополнительного образования младших школьников, обладающие профориентационной направленностью	Возможности форм организации дополнительного образования для младших школьников, обладающие профориентационной направленностью
<i>JuniorSkills (Джуниор Скиллз)</i> – программа ранней профориентации и основ профессиональной подготовки школьников (10–17 лет), включающая систему занятий и соревнований, нацеленных на выявление наиболее подготовленных в области определенных компетенций школьников	<i>возможности</i> создания у учащихся максимально четкого и конкретного образа основных типов профессий; стимулирования личностного роста школьника в сфере поиска призвания путем освоения разных культурных практик; приобретения определенных умений и навыков, необходимых в различных сферах профессиональной деятельности
<i>Система открытых онлайн-уроков «Проектория»</i> – интерактивный онлайн-портал, где собраны уникальный информационно-образовательный контент, опросы, игровые платформы, проекты и прочие учебно-методические материалы	<i>возможности</i> приобретения ребенком начальных и максимально разнообразных представлений о профессиях; проявления своих сил в доступных видах деятельности; осуществления максимально осознанного выбора профессии
<i>Детские технопарки «Кванториум»</i> – площадки, оснащенные высокотехнологичным оборудованием, нацеленные на подготовку новых высококвалифицированных инженерных кадров, разработку, тестирование и внедрение инновационных технологий и идей	<i>возможности</i> формирования уважительного отношения к труду и трудовой деятельности в целом; подготовки к вступлению в самостоятельную жизнь и выбору своего пути профессиональной деятельности; постепенного формирования готовности самостоятельно планировать, анализировать и реализовывать свой профессиональный маршрут

Таким образом, каждая из представленных в каждом из четырех блоков форм организации образовательного процесса в начальной школе обладает определенным потенциалом в профессиональном ориентировании младших школьников. Выявленные нами возможности каждой из данных форм в профориентации учащихся младших классов реализуются как через учебную урочную и учебную внеурочную деятельность, так и в рамках воспитательной работы и дополнительного образования.

### Заключение

Результаты проведенного теоретического исследования свидетельствуют о том, что при классифицировании форм образовательного процесса, обладающих потенциалом в профессиональном ориентировании младших школьников, следует учитывать ряд факторов, оказывающих существенное влияние на наполнение каждой из них: цель профориентации согласно ФГОС НОО третьего поколения; основные положения системно-деятельностного подхода, специфику младшего школьного возраста и т.д. Наше исследование показало, что формы организации образовательного процесса в начальной школе, обладающие профориентационной направленностью, можно сгруппировать в четыре блока по при-

надлежности к разным направлениям реализации образовательного процесса: учебная урочная деятельность, учебная внеурочная деятельность, воспитательная работа и дополнительное образование. При выявлении профориентационного потенциала данных форм организации образовательного процесса в начальной школе целесообразно использовать методы анализа, индукции и дедукции, систематизации, а также обобщения научно-педагогического опыта.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям деятельности вузов-партнеров ЮУрГТТУ и ШГПУ в 2022 году по теме «Научно-методическое оснащение организации профориентационной работы с учащимися младших классов общеобразовательных школ» (№16-443 от 23.06.2022).*

### Список литературы

1. Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 286 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400907193/#ixzz7DAUYuaXE> (дата обращения: 18.08.2022).
2. Калганова Т.А. Возрастные особенности и специфика организации профориентационной работы среди детей младшего школьного возраста // Профессиональная ориентация. 2019. № 1. С. 21-24.

3. Амбарова П.А., Немировский М.В. Новые подходы к профессиональной ориентации в школе в условиях изменяющегося мира профессий // Известия УрФУ. Серия 1: Проблемы образования, науки и культуры. 2020. Т. 26. № 1(195). С. 188-199.
4. Бородуля Л.М. Организация профориентационной работы в школе // Профессиональная ориентация. 2017. № 1. С. 23-32.
5. Захаров Н.Н. Профессиональная ориентация школьников. М.: Просвещение, 1988. 269 с.
6. Павлютенков Е.М. Профессиональная ориентация учащихся. Киев: Рад. шк., 1983. 153 с.
7. Пряжников Н.С. Профориентология. М.: Юрайт, 2016. 405 с.
8. Чистякова С.Н., Родичев Н.Ф. Педагогическое сопровождение самоопределения школьников: методическое пособие для учителей 1-11 классов. М.: Академия, 2014. 256 с.
9. Толочек В.А. Психология труда. СПб.: Питер, 2017. 480 с.
10. Чистякова С.Н., Захаров Н.Н. Профессиональная ориентация школьников: организация и управление. М.: Педагогика, 1987. 157 с.
11. Антонова М.В., Максимкина О.И. Педагогическое сопровождение процесса социально-профессиональной ориентации младших школьников // Вестник московского государственного педагогического университета. Педагогика и психология. 2017. № 2. С. 76-82.
12. Пряжников Н.С. Психология маленького человека. Москва: МПСУ; Воронеж: МОДЭК, 2012. 184 с.
13. Профессиональная ориентация младших школьников в школе: метод. пособие / авт.-сост. И.А. Симонова. Копейск: МУДПО «Учебно-методический центр», 2017. 30 с.
14. Шалавина Т.И. Профориентация младших школьников // Начальное образование. 2009. № 5. С. 45-47.

УДК 378.14

## ХАРАКТЕРИСТИКА ИНСТРУМЕНТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЕНЧЕСКО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В СФЕРЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

Осипова И.С., Булдашева О.В.

ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», Шадринск,  
e-mail: i.s.osipova@mail.ru, buldasheva.olya@yandex.ru

Определение, характеристика и классификация педагогических инструментов профессионального обучения управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта обусловлены необходимостью практической подготовки эффективных специалистов в короткие сроки обучения в магистратуре. В статье определено, что классификация инструментов подготовки профессионально-педагогического кадрового состава в сфере физической культуры и спорта определялась исходя из решаемых задач профессионального обучения в условиях высшего образования (разновекторность, концентрированность во времени, оптимальность по возможности применения на разновозрастной группе обучающихся, обладающих неоднородным управленческо-педагогическим опытом), а также подходов к понятию «инструменты в сфере высшего образования» в современной научной литературе. На основе научных данных и авторского опыта построения образовательных программ была представлена классификация инструментов профессиональной подготовки управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта, включающая средства и технологии профессиональной подготовки. В качестве современного и эффективного инструмента профессиональной подготовки магистрантов – будущих управленцев в сфере физической культуры и спорта была определена электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) университета. Представлены функции электронной информационно-образовательной среды университета, а на их основе описаны ключевые блоки, из которых должны состоять дисциплины в ЭИОС университета: блок учебного контента, интерактивно-коммуникационный блок, блок управления. Использование электронной информационно-образовательной среды вуза как эффективного инструмента профессионального обучения образовательной программе магистратуры «Менеджмент в сфере физической культуры и спорта» для заочной формы обучения описано на примере темы «Основы нормотворчества федеральных, региональных и местных органов власти в сфере физической культуры и спорта» дисциплины «Нормативно-правовое обеспечение физкультурно-спортивной деятельности».

**Ключевые слова:** управленческо-педагогический кадровый состав, физическая культура и спорт, профессиональная подготовка в высшем образовании, классификация инструментов профессиональной подготовки управленческо-педагогического аппарата в сфере физической культуры и спорта, электронная информационно-образовательная среда университета

## CHARACTERISTICS OF TOOLS FOR PROFESSIONAL TRAINING OF MANAGERIAL AND PEDAGOGICAL PERSONNEL IN THE FIELD OF PHYSICAL CULTURE AND SPORTS

Osipova I.S., Buldasheva O.V.

Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk,  
e-mail: i.s.osipova@mail.ru, buldasheva.olya@yandex.ru

The definition, characterization and classification of pedagogical tools for professional training of managerial and pedagogical personnel in the field of physical culture and sports is conditioned by the need for practical training of effective specialists in a short period of study in the magistracy. The article determines that the classification of tools of professional and pedagogical personnel in the field of physical culture and sports was determined based on the solved tasks of vocational training in higher education (multi-vector, time concentration, optimality, if possible, of application to a diverse group of students with heterogeneous managerial and pedagogical experience), as well as approaches to the concept of “tools in the field of higher education” in modern scientific literature. Based on scientific data and the author’s experience in building educational programs, a classification of professional training tools for managerial and pedagogical personnel in the field of physical culture and sports, including means and technologies of professional training, was presented. The electronic information and educational environment (EIOS) of the university was identified as a modern and effective tool for the professional training of undergraduates – future managers in the field of physical culture and sports. The functions of the electronic information educational environment of the university are presented, and on their basis the key blocks are described, which should consist of disciplines in the EIOS of the university: a block of educational content, an interactive communication block, a control block. The use of the electronic information and educational environment of the university as an effective tool for professional training under the master’s degree program “Management in the field of physical culture and sports” for correspondence education is described on the example of the topic “Fundamentals of rule-making of federal, regional and local authorities in the field of physical culture and sports” discipline “Regulatory and legal support of physical culture and sports activities”.

**Keywords:** managerial and pedagogical personnel, physical culture and sports, professional training in higher education, classification of professional training tools of the managerial and pedagogical apparatus in the field of physical culture and sports, electronic information and educational environment of the university

В современных условиях в сфере физической культуры и спорта наблюдаются процессы активного реформирования, происходит качественная перестройка управленческой структуры, увеличивается число физкультурно-спортивных организаций. В сложившихся обстоятельствах важным фактором развития сферы физической культуры и спорта становится уровень подготовки руководителей. Отсюда проблема выбора педагогических инструментов обучения будущих управленческих кадров, способных эффективно организовать и успешно реализовать деятельность физкультурно-спортивных объектов, становится актуальной.

Поиск подходов к классифицированию инструментов профессиональной подготовки управленческо-педагогических кадров в условиях высшего образования обусловлен перманентной задачей поиска, определения, обоснования и применения в образовательном процессе высшей школы наиболее эффективных способов обучения.

Сфера услуг как сектор экономики, в том числе область физкультурно-оздоровительных услуг, требует подготовки за минимально возможный срок максимально профессиональных кадров. Следовательно, применяемый для решения задач профессионального обучения будущих управленцев в области физической культуры и спорта инструментарий должен быть:

- разноректорным (решать одновременно разные задачи обучения и развития личности магистрантов);
- концентрированным по времени (создавать возможности «погружения в предмет»);
- оптимальным по возможности применения на разновозрастной группе обучающихся, обладающих неоднородным управленческо-педагогическим опытом, к которым относятся магистранты заочной формы обучения.

В настоящей статье предметом исследования выступит характеристика педагогических инструментов профессионального обучения управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта на примере магистрантов заочной формы обучения, осваивающих программу «Менеджмент в сфере физической культуры и спорта».

Цель исследования – выявление характеристик педагогических инструментов профессиональной подготовки будущего кадрового состава управленческо-педагогической сферы физической культуры и спорта, а также описание возможностей одного из инструментов – электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) педагогического университета как инструмен-

та профессиональной подготовки студентов на факультете физической культуры.

### Материалы и методы исследования

Выполнение работы потребовало применения различных методов исследования. Методы анализа и синтеза использовались с целью отбора информации в области использования педагогических инструментов подготовки управленческо-педагогических кадров для сферы физической культуры и спорта на уровне магистратуры. Метод изучения документации потребовался для учета положений ФГОС ВО, а также профессиональных стандартов в подготовке будущих управленцев в области физической культуры и спорта. С целью выявления типологии инструментов подготовки будущих менеджеров в сфере физической культуры и спорта применялся метод классификации.

### Результаты исследования и их обсуждение

Ключевым понятием настоящей статьи является категория «инструменты профессиональной подготовки управленческо-педагогического аппарата в сфере физической культуры и спорта». Важным является дефиниция данного понятия. В словарных источниках категория «инструмент» рассматривается с разных позиций, в частности, как:

- «ручное орудие для производства каких-нибудь работ; совокупность ручных орудий в какой-нибудь специальности» [1];
- «средство, способ, применяемый для достижения чего-нибудь и познания» [2].

Анализ научных источников в области заявленной проблемы показывает, что ученые оперируют следующими категориями «педагогический инструмент», «образовательные инструменты», «инструменты обучения», «педагогический инструментарий». Некоторые исследователи указывают на равнозначность понятий «средства» и «инструменты», предлагая последние рассматривать в условиях реализации цифрового обучения [3, с. 36]. М.Л. Зуева, А.В. Ястребов под педагогическим инструментом понимают «совокупность компонентов педагогического процесса, оказывающих воздействие на образовательный результат» [4, с. 126–127].

С учетом вышесказанного, под инструментами профессиональной подготовки управленческо-педагогического аппарата в сфере физической культуры и спорта будет пониматься операционно-деятельностный компонент профессионального обучения управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта к решению организационно-управленческих задач профессио-

нальной деятельности в качестве руководителя организации или его подразделения, осуществляющей деятельность в области физической культуры и спорта.

В определении и описании инструментов профессионального обучения будущих управленцев в области физической культуры и спорта важным является вопрос о типологии используемых инструментов.

Анализ научных исследований в данной области позволил заключить, что ряд авторов к педагогическим инструментам относит материально-техническое оснащение занятий (ПК, программы-тренажеры, учебные пособия, видеотека учебных фильмов, презентации и т.д.); формы организации учебных занятий [5]. М.Л. Зуева, А.Я. Ястребов указывают, что педагогическим инструментом являются упражнения, система задач, учебная дисциплина или блок однородных учебных дисциплин, содержание учебного предмета, учебные пособия и пр. [4]. Е.Н. Стрельчук среди педагогических инструментов выделяет принципы обучения и воспитания, а также основные подходы к обучению и воспитанию; формы, методы, приемы, средства, технологии обучения и воспитания [6]. В исследовании Д.А. Коноплянского компонентами педагогического инструментария выступают современные средства обучения, а также педагогические технологии [7].

Итак, к типическим инструментам исследователи в целом относят методы, приемы, средства, технологии, формы и т.п. В научной литературе педагогическая технология рассматривается как совокупность форм, приемов, методов, способов обучения, направленных на эффективное достижение образовательных целей (Б.Т. Лихачев).

Учитывая точку зрения исследователей, а также принимая во внимание операционно-деятельностный характер инструментов профессионального обучения управленческого педагогического аппарата в сфере физической культуры и спорта, предлагаем классифицировать исследуемые инструменты на две группы: средства и технологии профессиональной подготовки будущих управленцев в области физической культуры и спорта (рис. 1).

Современным и эффективным средством обучения магистрантов-заочников может выступать электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) университета, которая является обязательным элементом высшего образования с 2014 г.

Использование электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) вуза как эффективного инструмента профессионального обучения образовательной программе «Менеджмент в сфере физиче-

ской культуры и спорта» для магистрантов заочной формы обучения объясняется следующими положениями:

- возможность индивидуализировать процесс обучения магистрантов (выбор индивидуального графика работы, выбор заданий и тестов различного уровня сложности, возможность варьировать сроки сдачи практических заданий для отдельных обучающихся, возможность восполнить пробелы в случае пропуска занятия);

- повышение качества усвоения учебного материала дисциплины (наличие материалов лекций, к которым можно многократно обратиться, возможность разместить в ЭИОС дополнительную информацию по изучаемым темам, пройти тестирование для закрепления учебного материала и т.д.);

- повышение интереса магистрантов к изучаемой дисциплине (размещение видеолекций, презентаций, учебных видео, к которым можно вернуться при закреплении материала, подготовке к семинарам; размещение учебного материала с разной степенью детализации и сложности);

- повышение самостоятельной составляющей образовательного процесса магистрантов (организация самостоятельной работы магистрантов как в сессионный, так и межсессионный период);

- наличие оперативной обратной связи;
- возможность проведения самодиагностики учебных достижений магистрантов и осуществления самоконтроля [8]. Данные положения могут рассматриваться как функции ЭИОС.

Раскрывая инструменты педагогической деятельности, применяемые в условиях электронной среды, ученые (С.М. Куценко, В.В. Косулин, Т.Н. Носкова, Т.Б. Павлова, О.В. Яковлева) приходят к мысли, что эффективность использования данных инструментов обусловливается содержательно-методическим наполнением [8, 9]. Опыт использования ЭИОС университета показывает, что для того, чтобы указанные функции реализовывались посредством учебных дисциплин, размещенных в ЭИОС, каждая дисциплина должна включать три блока: учебного контента и управления, а также интерактивно-коммуникационный (рис. 2).

Так, минимальное наполнение темы «Основы нормотворчества федеральных, региональных и местных органов власти в сфере физической культуры и спорта» учебного курса «Нормативно-правовое обеспечение физкультурно-спортивной деятельности» в ЭИОС университета включает следующее:

- план лекции и краткие методические указания по работе с ней;

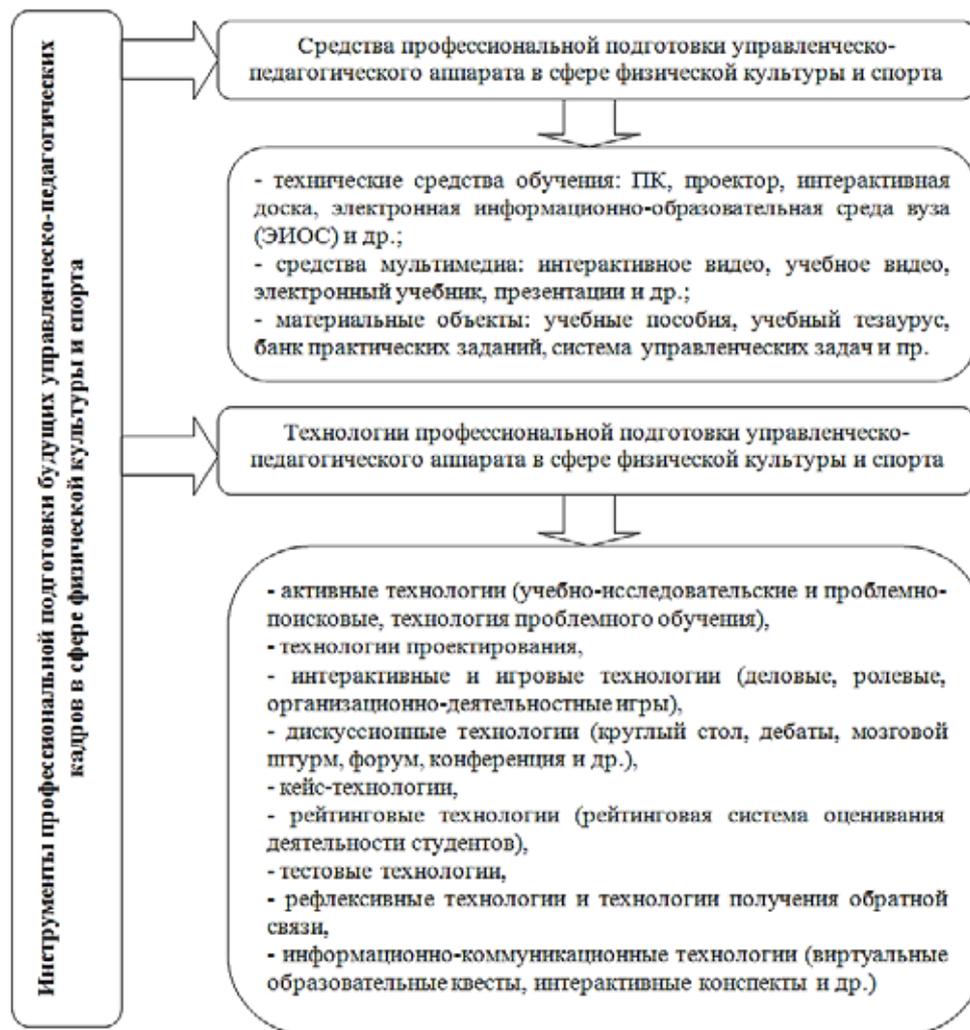


Рис. 1. Классификация инструментов профессиональной подготовки управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта

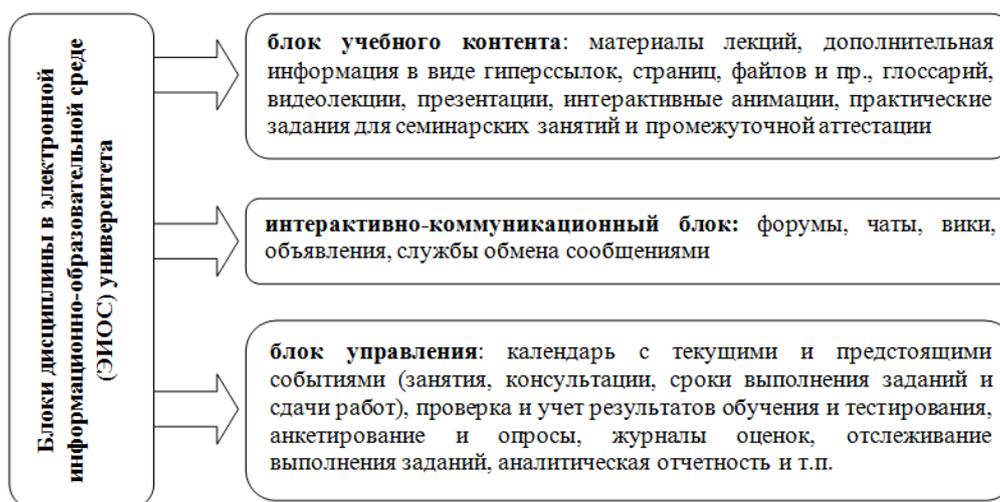


Рис. 2. Структура учебной дисциплины профессиональной подготовки управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта в ЭИОС

– лекция как отдельный элемент ЭИОС, в котором преподаватель может расположить контент в нужной ему форме – линейной схеме, когда контрольная точка одна – в конце лекции, или сложной схеме, с возвратом на предыдущие части лекции, если студент неправильно прошел контрольную точку. В качестве контрольной точки могут быть различные вопросы в форме множественного выбора, определения соответствия или короткого ответа. Работа с лекцией может быть оценена, что удобно, так как на факультете физической культуры действует рейтинговая система оценки успеваемости, и магистранты могут получать дополнительные баллы за более глубокое изучение теоретического материала. Таким образом, лекции в ЭИОС могут рассматриваться не только как инструмент изучения темы (самостоятельно или после работы с педагогом), но и как инструмент контроля, а также отработки принятия решений по построению своей траектории обучения;

– презентация по теме лекции, где в схематичной и графической форме представлено основное содержание лекции, а также список источников и электронных ресурсов, важных для понимания темы и ее углубленного изучения;

– гиперссылки, которые позволяют дополнить тему важным веб-контентом. Например, ссылки на Федеральный закон от 4 декабря 2007 г. № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями), на документ «Стратегия развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2030 года» и др.;

– учебные элементы «задания», которые разрабатываются под каждую конкретную тему дисциплины, при этом в качестве итогового файла может выступать любой цифровой контент (документы Word, таблицы, видео- и аудиофайлы, схемы и изображения). Например, в текстовом, табличном или графическом виде необходимо привести примеры нормативно-правовых документов в области физической культуры и спорта исполнительных органов власти на федеральном уровне, субъекта Российской Федерации и местных органов власти;

– учебный элемент «тест», который включает небольшое количество вопросов по теме, отражающих учебные единицы, важные для эффективного усвоения содержания дисциплины магистрантом, а также понимания возникших пробелов в обучении. При этом тест должен включать вопросы разных типов. В промежуточных тестах (по итогам освоения отдельных тем дисциплины)

или) ограничение по времени не ставится, в отличие от итогового теста;

– отдельные модули «форум» или «чат» для упорядочивания коммуникации магистрантов между собой и с преподавателем по конкретной дисциплине. Полезным элементом считаем «объявления», посредством которого осуществляется одномоментная рассылка важной информации на электронную почту обучающихся.

ЭИОС предоставляет полноценные возможности для промежуточного контроля по дисциплине. В частности, преподаватель может использовать разнообразные средства оценивания уровня сформированности компетенций магистрантов – будущего управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта.

Таковыми средствами в комплексе могут выступать решение задач и выполнение реферата. Приведем пример задачи: «Спортсмен М. сборной России по самбо до окончания сезона решил перейти в другой клуб. В каком случае спортсмену придется заплатить “неустойку” за переход в другой клуб, и каким образом он сможет этого избежать?» Необходимо опираться на конкретные статьи Трудового кодекса РФ.

Реферат должен отражать какой-либо вопрос нормативно-правового обеспечения физкультурно-спортивной деятельности на выбор студента с учётом специфики и тематики его выпускной квалификационной работы. Примерной тематикой рефератов могут быть:

– «Специфика формирования целей и задач деятельности образовательной организации в области физического воспитания (на примере региона)»;

– «Возможности и сложности деятельности органов исполнительной власти по развитию военно-прикладных, служебно-прикладных и иных видов спорта (на примере региона)»;

– «Особенности деятельности исполнительной власти по организации занятий физической культурой и спортом по месту работы, жительства, отдыха (на примере региона)»;

– «Автономность региона в регламентации адаптивного спорта (на примере конкретного региона)»;

– «Выполнение нормативов комплекса ФВСК ГТО: проблемы и опыт их решения (на примере региона и ступени комплекса ГТО)»;

– «Отличительные черты процесса регулирования труда спортсменов и тренеров (на примере вида спорта)» и др.

Итак, использование ЭИОС вуза как средства профессионального обучения будущих управленческо-педагогических кадров в сфере физической культуры и спорта позволяет магистрантам получать учебную информацию, формировать управленческие умения и навыки при выполнении практических заданий, осуществлять самоконтроль достигнутых учебных результатов. ЭИОС предоставляет возможности для эффективной организации самостоятельной работы магистрантов, контроля учебных достижений при освоении учебной дисциплины, а также предоставляет условия для дистанционного обучения.

### Заключение

Применяемый для решения задач профессиональной подготовки управленческо-педагогических кадров в сфере физической культуры и спорта инструментарий должен быть: разновекторным (решать одновременно разные задачи обучения и развития личности магистрантов); концентрированным по времени (создавать возможности «погружения в предмет»), а также оптимальным по возможности применения на разновозрастной группе обучающихся, обладающих неоднородным управленческо-педагогическим опытом, к которым относятся магистранты заочной формы обучения.

Под инструментами профессиональной подготовки управленческо-педагогического аппарата в сфере физической культуры и спорта понимается операционно-деятельностный компонент профессионального обучения управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта к решению организационно-управленческих задач профессиональной деятельности в качестве руководителя организации или его подразделения, осуществляющей деятельность в области физической культуры и спорта.

Инструменты профессионального обучения управленческо-педагогического аппарата в сфере физической культуры и спорта классифицируются на две группы: средства и технологии профессиональной подготовки будущих управленцев в области физической культуры и спорта.

На примере электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) универ-

ситета как современного и эффективного инструмента профессиональной подготовки магистрантов заочной формы обучения – будущего управленческо-педагогического кадрового состава в области физической культуры и спорта – были определены функции электронной информационно-образовательной среды университета, а на их основе описаны ключевые блоки, из которых должны состоять дисциплины в ЭИОС университета: блок учебного контента, интерактивно-коммуникационный блок, блок управления.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям деятельности вузов партнеров ЮУрГГПУ и ШГПУ в 2022 г. по теме «Профессиональная подготовка управленческо-педагогических кадров в сфере физической культуры и спорта» (№ договора 16-442 от 23.06.2022).*

### Список литературы

1. Ушаков Д.Н. Большой толковый словарь русского языка. М.: Дом Славянской книги, 2008. 959 с.
2. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка: около 100 000 слов, терминов и фразеологических выражений. М.: Мир и Образование: ОНИКС, 2012. 1375 с.
3. Вайндорф-Сысоева М.Е., Субочева М.Л. Цифровое обучение в контексте современного образования: практика применения: монография. М.: Диона, 2020. 244 с.
4. Зуева М.Л., Ястребов А.В. Феномен дополнительной функции педагогического инструмента // Ярославский педагогический вестник. 2020. № 2. С. 126–130.
5. Профессиональное обучение персонала организации: инструменты, принципы и мотивации // Директор по персоналу. 2015. № 10. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hr-director.ru/article/65707-qqq-15-m10-professionalnoe-obuchenie-personala-organizatsii?ysclid=163trds8tr297547156> (дата обращения: 27.07.2022).
6. Стрельчук Е.Н. Педагогический инструментарий: сущность, употребление и роль понятия в российской и зарубежной педагогике // Перспективы науки и образования. 2019. № 1 (37). С. 10–19. DOI 10.32744/pse.2019.1.1.
7. Коноплянский Д.А. Педагогический инструментарий реализации педагогической стратегии формирования конкурентоспособности выпускника вуза // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 4 (64). Т. 2. С. 55–57.
8. Куценко С.М., Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы как инструмент обучения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4 (36). С. 127–134.
9. Носкова Т.Н., Павлова Т.Б., Яковлева О.В. Инструменты педагогической деятельности в электронной среде // Высшее образование в России. 2017. № 8/9 (215). С. 121–129.

УДК 372.857

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ  
ВЫПОЛНЯТЬ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ****Потапкин Е.Н., Кемешева А.А.***ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева»,  
Саранск, e-mail: alexandra.kemesheva@yandex.ru*

В современном мире вопрос качественного обучения стоит на первом месте, каждый человек в своей жизни должен получить достойное образование. Для достижения результативности при обучении биологии важно понимать, что весь процесс обучения складывается из разных форм работы. Одной из них является выполнение домашних заданий. Сейчас данный процесс затрудняется тем, что не все обучающиеся готовы к данным видам деятельности. Причин отказа выполнять домашнюю работу может быть много, но одной из основных является отсутствие или малый уровень мотивации к обучению. Теперь перед учителями встает дополнительная цель – способствовать повышению уровня мотивации у обучающихся к выполнению домашней работы по предмету, что находит свое выражение в явном либо скрытом отказе от систематической учебно-познавательной деятельности вне классного помещения. Результатом подобного отношения становится снижение качества биологической подготовки обучающихся, полное или частичное отсутствие у них интереса в данной области познания. В процессе организации эксперимента учитывались возрастные особенности обучающихся, возможности для выполнения заданий, техническое оснащение. При этом использовались методы, адекватные теме и цели исследования: анализ педагогических и частнометодических источников информации, в том числе нормативных документов, школьных учебников и программ по биологии; педагогическое наблюдение процесса обучения биологии в общеобразовательных школах с целью изучения и обобщения опыта использования домашних заданий; опросы обучающихся и учителей биологии о проблеме исследования; педагогический эксперимент; количественный и качественный анализ результатов исследования.

**Ключевые слова:** обучение биологии, учитель биологии, старшеклассники, мотивация, готовность, виды домашних заданий, условия формирования

**CONDITIONS FOR THE FORMATION OF READINESS  
OF HIGH SCHOOL STUDENTS TO PERFORM BIOLOGICAL HOMEWORK****Potapkin E.N., Kemesheva A.A.***Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evsevev, Saransk,  
e-mail: alexandra.kemesheva@yandex.ru*

In the modern world, the issue of quality education is in the first place, every person in his life should receive a decent education. To achieve effectiveness in teaching biology, it is important to understand that the whole process consists of different forms of work. One of which is homework. Now this process is complicated by the fact that not all students are ready for these types of activities. There may be many reasons for refusing to do homework, but one of the main ones is the lack or low level of motivation to study. Now teachers face an additional goal – to help increase the level of motivation of students to do homework. In the process of teaching biology, homework plays a special role. They help to consolidate the knowledge gained in the lessons, conduct their own mini-studies or mini-projects, realize their creative abilities and show their skills. When organizing training, a biology teacher faces the problem of students not being highly motivated to do homework on the subject, which finds expression in an explicit or implicit rejection of systematic educational and cognitive activities outside the classroom. The result of such an attitude is a decrease in the quality of biological training of students, their complete or partial lack of interest in this field of knowledge. In the process of organizing the experiment, the age characteristics of students, opportunities for completing tasks, technical equipment were taken into account, while methods adequate to the topic and purpose of the study were used: analysis of pedagogical and private methodological sources of information, including normative documents, school textbooks and biology programs; pedagogical observation of the biology teaching process in general education schools in order to study and generalizations of the experience of using homework; surveys of students and biology teachers about the research problem; pedagogical experiment; quantitative and qualitative analysis of research results.

**Keyword:** biology teaching, biology teacher, high school students, motivation, readiness, types of homework, conditions of formation

В современных условиях обучения биологии домашняя работа характеризуется особенностями, которые оказывают существенное влияние на качество подготовки старшеклассников.

Во-первых, она выступает в качестве специфической формы учебной деятель-

ности обучающихся, которая организуется в виде реальной самостоятельной работы, причем без непосредственного наблюдения за ее ходом со стороны учителя. В таких условиях обучающиеся вынуждены подбирать источники информации, обрабатывать добытые сведения, не имея возможности об-

ратиться за квалифицированной и своевременной помощью к учителю-предметнику.

Во-вторых, домашняя работа представляет собой совокупность заданий, ориентированных на совершенствование предметной подготовки обучающихся, закрепление в их памяти приобретенных в ходе классно-урочного обучения теоретических знаний и способов действия.

В-третьих, домашняя работа является индикатором нацеленности обучающихся на достижение положительных результатов в конкретной образовательной ситуации, когда учитель получает достаточно оперативную информацию об их отношениях к изучаемому школьному предмету, об уровне сформированности познавательного интереса к данной области знаний, о мотивированности на изучение и повторение учебного материала. Опытный учитель, анализируя результаты выполнения обучающимися домашних заданий, может утверждать о том, какими они обладают волевыми качествами, степенью ответственности, чувством долга, способны ли осуществлять самообучение и самоконтроль.

Таким образом, целью настоящего исследования выступило определение методических условий готовности старшеклассников выполнять домашние задания, позволяющее совершенствовать качество школьной биологической подготовки.

### Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составили концепции педагогических технологий и методики предметного обучения (А.Ю. Коджаспиров, Г.М. Коджаспирова, В.А. Сластенин, В.В. Юдин, М.А. Якунчев и др.), а также базовые психолого-педагогические и методологические положения, отражающие сущность процесса познания (Ю.К. Бабанский, Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, С.Л. Рубинштейн, Н.Ф. Талызина и др.) [1]. По материалам данных и других авторов можно установить, что на эффективность домашней работы оказывают влияние следующие особенности:

– домашняя работа является не только логическим продолжением предметного обучения в условиях школьного класса, но и должна выступать в качестве своеобразного «мостика», связывающего основной материал с последующим. Поэтому целесообразнее предоставлять школьникам задания для домашней работы, сходные с теми, что они выполняли под руководством учителя, но не дублирующие их как по структуре, так и по содержанию;

– в процессе обучения обязательно должны меняться требования к проводимому учителем инструктажу, предваряющему выполнение школьником домашнего задания. В частности, на начальном этапе изучения биологии это должно быть полноценное, пошаговое описание порядка выполнения работы вне помещения класса. Но чем старше становится обучающийся, тем меньше должна быть доля участия учителя биологии в проведении подобного «разъяснения»;

– при организации домашних работ предпочтение должно отдаваться дифференцированным заданиям, желательным учитывающим индивидуальные способности школьников. При этом необходимо избегать перегруженности обучающихся большим количеством заданий, требующих значительного резерва времени на их выполнение;

– особенности представления обучающимися результатов домашних заданий определяются преобладающими видами внеурочной деятельности и могут выражаться в форме ответов на уроках, защиты на уроках или школьных конференциях научных отчетов по итогам выполненных учебных исследований и проектов; публичных выступлений на заседаниях специализированных «круглых столов» или конкурсах;

– обучающийся должен иметь мотивацию на самостоятельное выполнение домашней работы, которая выражается в форме его готовности осуществлять разнообразные действия по совершенствованию предметной подготовки вне помещения школьного класса полностью индивидуально, либо в составе специально организованной группы старшеклассников.

Феномен готовности имеет несколько аспектов рассмотрения в отношении выполнения обучающимися домашних заданий по биологии. Во-первых, можно утверждать, что на эффективность выполнения школьниками домашних заданий оказывает влияние так называемая, физическая готовность, условиями формирования которой выступают уровень физического развития старшеклассника и его соответствие возрастным особенностям. Обучающийся из старших классов должен быть способен к концентрации внимания при выполнении домашней работы на протяжении достаточно длительного периода времени, что регламентируется Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 29 декабря 2010 г. № 189 «Об утверждении СанПиН 2.4.2.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях» [2]. Во-вторых, для старше-

классника важной становится психологическая готовность выполнять домашнюю работу по предмету, которая определяется следующими условиями: уровнем развития основных психических процессов – мышления, памяти, внимания, восприятия.

В этой связи обращает на себя внимание учет учителем биологии степени репродуктивности заданий для домашней работы старшеклассников. В ходе наблюдений за организацией и результатами домашних работ нами было отмечено, что школьники, обладающие низкой мотивацией на их выполнение и имеющие, как правило, отрицательные результаты в биологической подготовке, способны выполнять задания только копирующего вида. Подобные задания требовали очень подробной инструкции со стороны учителя, обязательного контроля хода его выполнения и оказания помощи на всех этапах так называемой «самостоятельной работы» обучающегося.

Задания собственно репродуктивного вида основывались на значительной доле помощи консультационного характера со стороны учителя биологии, который организовывал работу обучающихся по подтверждению приобретенных на уроках теоретических знаний и практических умений. Задания частично-поискового вида ориентированы на старшеклассников, которые при выполнении домашней работы овладевают определенной частью второстепенного биологического материала самостоятельно, а основное содержание требует обязательного разъяснения со стороны учителя-предметника.

Собственно поисковый вид биологических заданий позволяет существенно снизить степень участия учителя в организации домашней работы, поскольку содержание таких заданий разрабатывается педагогом, а вся деятельность по поиску необходимых источников информации, ее обработке и использованию осуществляется старшеклассниками [3].

Высшим видом заданий для домашней работы по биологии можно считать задания исследовательского вида, при использовании которых учитель предлагает школьникам абсолютную свободу в выборе средств и способов изучения биологических объектов и явлений. Подобное задание может быть сориентировано как на ближайшую, так и на отдаленную образовательную перспективу.

В-третьих, эмоционально-волевая готовность старшеклассников выполнять домашние задания, которая характеризуется наличием следующих условий:

– осознание ими значимости и потребности выполнения домашней работы по предмету, в основе которых находится ориентирование на самообучение, самоконтроль и самооценку;

– планирование своей деятельности по постановке целей и оптимальному достижению позитивных результатов выполнения домашних заданий;

– наличие постоянного интереса выполнять домашние задания, причем повышающейся степени сложности;

– осознание значимости быть успешным при выполнении домашней работы, особенно на этапе презентации ее результатов [4, 5].

Наблюдение за обучением биологии старшеклассников, беседы с их родителями и учителями-предметниками позволили установить, что в классах реально можно выделить несколько групп, которые объединяют обучающихся с примерно сходными достижениями в обучении, проявляющими позитивную познавательную активность, как в урочное, так и во внеурочное время, например при выполнении домашних заданий.

К первой группе относятся обучающиеся с довольно высокими показателями при овладении биологическим содержанием. Такие школьники не испытывают серьезных затруднений при выполнении домашних заданий, они способны самостоятельно проектировать свою деятельность во внеурочное время и могут применять приобретенные знания в нестандартных учебных ситуациях. На выполнение домашних заданий по биологии такими обучающимися затрачивается минимальное количество времени, поскольку они имеют высокий уровень учебной и познавательной мотивации к изучению биологии. Обучающиеся из данной группы интересовались в первую очередь заданиями, имеющими проблемный характер, а также исследовательскую или проектную направленность. Так, например, обучающимся из 11 класса в качестве домашнего задания было предложено выполнить исследовательскую работу по изучению хода эволюционных процессов у представителей двух отрядов класса Млекопитающие на выбор. С этой целью класс самостоятельно разделен на две группы, каждая из которых в течение определенного времени занималась поиском и обработкой соответствующего материала. Презентация результатов выполненной работы потребовала проведения мини-конференции, организация которой была осуществлена самостоятельно старшеклассниками [6].

Обучающиеся второй группы способны усвоить учебный материал, как на уроке, так и в домашних условиях после организации

учебного тренинга различной длительности, как правило, не очень высокой сложности. Уровень мотивации у таких школьников определяется как средний, что можно объяснить отсутствием устойчивого интереса к любому виду учебной деятельности, особенно при выполнении домашней работы. Обучающиеся данной группы нуждаются в дополнительных домашних заданиях, которые базируются на учете индивидуальных особенностей. Особый интерес у обучающихся данной группы вызывали задания, которые они адресовали своим одноклассникам. Однако ожидаемый эффект от использования этого вида заданий наступил не сразу, а после достаточно длительной подготовительной работы. Это было связано с тем, что не всегда вопросы формулировались корректно. Кроме того, на начальных этапах имели место нарушения дисциплины, вызванные претензиями оппонентов друг к другу. Поэтому новые варианты заданий для старшеклассников вводились постепенно, в зависимости от уровня их сложности [7].

Третью группу составляют проблемные обучающиеся, имеющие низкие и крайне низкие показатели в овладении биологическим материалом. Такие школьники испытывают существенные трудности на уроках, а домашние задания выполняются ими, как правило, эпизодически, когда от этого зависит итоговая оценка за определенный период обучения. Поэтому можно утверждать, что мотивация к выполнению биологических домашних работ находится у таких школьников в зачаточном состоянии либо полностью отсутствует.

В-четвертых, условия формирования социально-коммуникативной готовности зависят от следующих умений, среди которых наиболее значимыми следует обозначить:

- устанавливать и поддерживать контакт с учителем перед и после выполнения домашних заданий (а для обучающихся с невысокими показателями в обучении – и по ходу их выполнения);
- осуществлять коллективную деятельность, корректно отстаивая свою точку зрения на содержание выполняемого домашнего задания и учитывая мнение товарищей;
- самостоятельно выполнять домашнюю работу, контролировать ее результаты, используя имеющиеся и новые знания и умения.

Непременным условием эффективности домашней работы по биологии выступает организация контроля и самоконтроля ее выполнения, в том числе и особенности представления результатов. Основой данного условия выступает принцип реализации обратной связи, который в области осуществления домашней работы ори-

ентирован на определение содержания вносимых корректив в содержание биологической подготовки персонально по каждому обучающемуся.

Все это потребовало проведения экспериментального обучения, которое и было реализовано в 2020–2021 и 2021–2022 учебных годах в условиях работы одного из авторов в качестве учителя биологии в МОУ «Варжеляйская СОШ» Торбеевского муниципального района Республики Мордовия.

Обучающимся была предложена анкета следующего содержания (табл. 1).

На результаты выполненной работы повлиял выбор методов, который был адекватен теме, цели и задачам, объекту и предмету исследования, его логике, а также выдвинутой гипотезе, как обязательной составляющей части методологического аппарата исследования. В этой связи приоритет отдавался анализу содержания литературных и электронных источников научной информации, учебников по биологии для 10–11-х классов, соответствующих им учебных программ, опыта деятельности учителей биологии по организации домашних работ; педагогическому наблюдению за предоставлением обучающимися результатов выполнения домашних заданий; беседам, анкетированиям и опросам участников образовательных отношений в рамках исследовательской работы; педагогическому эксперименту и обобщению его результатов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальное обучение было основано на использовании обозначенных выше разнообразных видов домашних заданий по биологии, позволяющих эффективно формировать у старшеклассников готовность выполнять домашнюю работу. Выявление результатов экспериментального обучения было проведено с помощью анкетирования, обобщенные данные которого представлены в табл. 2.

Выявление готовности старшеклассников выполнять домашние задания по биологии на основе соответствующих критериев:

- 1) понимание старшеклассниками значимости выполнения разнообразных видов и типов домашних заданий для совершенствования биологической подготовки (0–3 балла);
- 2) способность обучающихся выбирать оптимальные способы и средства для выполнения домашнего задания по биологии (0–3 балла);
- 3) наличие у старших школьников творческого подхода при выполнении домашнего задания по биологии и при представлении его результатов (0–4 балла).

Таблица 1

Вопросы для анкетирования старшеклассников

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов		
		Да	Нет	Затрудняюсь ответить
1.	Считаешь ли ты, что выполнение домашнего задания по биологии должно быть обязательным для всех старшеклассников?			
2.	Готов ли ты выполнять домашнюю работу по биологии к каждому уроку?			
3.	Ты выполняешь домашнее задание по биологии, чтобы получить отметку?			
4.	Ты выполняешь домашнее задание по биологии, потому что так принято в школе?			
5.	Ты выполняешь домашнее задание по биологии, потому что тебе интересно?			
6.	Ты выполняешь домашнее задание по биологии, чтобы не ругали учителя или родители?			
7.	Тебе интересно выполнять однотипные домашние задания по биологии?			
8.	Тебе интересно выполнять разного типа домашние задания по биологии?			
9.	Готов ли ты выполнять домашние задания по биологии в онлайн-режиме при использовании Google Форм, системы LearningApps или других интерактивных средств?			
10.	Нравятся ли тебе домашние работы по биологии, результаты которых представляются сразу?			
11.	Нравятся ли тебе домашние работы по биологии, результаты которых представляются на следующем уроке?			
12.	Нужны ли тебе домашние задания в виде исследований или проектов, чтобы улучшить результаты обучения биологии?			
13.	Готов ты выполнять домашние задания по биологии в виде исследования или проекта к каждому уроку?			
14.	Готов ты выполнять домашние задания по биологии в виде исследования или проекта один раз в четверть?			
15.	Готов ты выполнять домашние задания по биологии в виде исследования или проекта один раз в полугодие?			
16.	Готов ты выполнять домашние задания по биологии в виде исследования или проекта один раз в год?			
17.	Помогают ли тебе выполненные исследования или проекты в оформлении и представлении результатов домашних заданий?			
18.	При выполнении домашнего задания по биологии ты используешь только материал, изученный на уроках?			
19.	При выполнении домашнего задания по биологии ты используешь только материал учебника?			
20.	При выполнении домашнего задания по биологии ты используешь только материал из библиотечных литературных источников?			
21.	При выполнении домашнего задания по биологии ты используешь только материал электронных источников информации?			
22.	При выполнении домашнего задания по биологии ты используешь все доступные тебе источники информации?			
23.	При выполнении домашнего задания по биологии ты всегда работаешь самостоятельно?			
24.	При выполнении домашнего задания по биологии ты всегда используешь помощь родителей?			
25.	При выполнении домашнего задания по биологии ты всегда пользуешься советами одноклассников?			

**Таблица 2**

Сводные данные анкетирования старшекласников по выявлению готовности выполнять домашние задания по биологии

№ вопроса	Варианты ответов, %		
	«0» – нет	«1» – затрудняюсь ответить	«2» – да
1.	25	5	70
2.	11	5	84
3.	74	3	23
4.	93	3	4
5.	28	3	69
6.	93	3	4
7.	83	2	15
8.	87	2	11
9.	11	2	87
10.	24	2	74
11.	39	5	56
12.	23	3	74
13.	47	3	50
14.	69	3	28
15.	82	3	15
16.	90	3	7
17.	23	3	74
18.	91	2	7
19.	75	2	23
20.	95	2	3
21.	87	2	11
22.	42	2	56
23.	31	–	69
24.	89	–	11
25.	91	–	9

Дополнительным показателем эффективности разработанных материалов выступал учет текущей успеваемости и данных собеседований со школьниками. При этом были получены показатели, представленные в табл. 3.

На стадии, предшествующей использованию разработанных материалов, учет текущей успеваемости позволил получить следующие данные: абсолютная успеваемость составила 94%, качественная успеваемость – 47%, средний балл – 3,5. На завершающей стадии, после двух лет использования разнообразных домашних заданий, применения методических условий формирования готовности выполнять домашние работы по биологии, были получены следующие данные: абсолютная успеваемость – 99%, качественная успеваемость – 77%, средний балл – 4,4.

**Таблица 3**

Распределение старшекласников на группы по признаку готовности выполнять домашние задания по биологии

Группа старшекласников	Количество старшекласников	
	Входная диагностика, %	Выходная диагностика, %
Обучающиеся с высокой готовностью	16	46
Обучающиеся со средней готовностью	16	38
Обучающиеся с низкой готовностью	64	16
Обучающиеся, у которых отсутствует готовность	4	0

Обучающиеся в ходе бесед отмечали, что их привлекала организация домашних работ в онлайн-режиме, когда были задействованы Google Формы, система LearningApps и многое другое. Они отмечали, что им было интересно работать тогда, когда они сразу могли узнать результат выполненной работы. Старшекласники отмечали, что предложенные учителем задания для осуществления проектной или исследовательской деятельности также положительно сказывались на их биологической подготовке, позволяли задействовать как литературные, так и электронные источники информации, приучали грамотно оформлять полученные результаты и озвучивать их.

Все обучающиеся из группы с высокой готовностью и подавляющее большинство из группы со средней готовностью отметили, что изучение биологии для них стало значительно интереснее, из домашних заданий ушло однообразие, хотя их содержание и претерпело существенное усложнение. Подтверждает изложенное выше то, что из 32 выпускников 11 класса в 2022 г. 18 выбрали биологию в качестве дисциплины по выбору при сдаче ЕГЭ.

### Заключение

В современных условиях развития российского образования организация домашней работы занимает особое место в обучении, что связано с ее особой ролью в процессе формирования и развития личности будущего гражданина страны. Методически грамотно смоделированная домаш-

ная работа, содержащая систему заданий для самостоятельного выполнения школьниками вне помещения классной комнаты, позволяет развиться таким качествам, как умение прогнозировать свою деятельность и ее результаты, планировать время на ее выполнение, осуществлять презентацию итогов, использовать для достижения поставленной цели разнообразные источники информации, осуществлять рефлексию. При этом на эффективность процесса формирования готовности старшеклассников выполнять домашние задания оказывают влияние методические условия, предполагающие учет возрастных и индивидуальных особенностей старшеклассников, а также особенности организации контрольно-оценочной деятельности.

*Исследование выполнено в рамках Конкурса научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева» (тема «Условия формирования готовности*

*старшеклассников выполнять биологические домашние задания»).*

#### Список литературы

1. Макотрова Г.В. Концептуальные идеи и практические ориентиры создания школы полного дня: учебно-методическое пособие. Белгород: НИУ БелГУ, 2019. 206 с.
2. Баранов А.А., Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К. Значение здоровья детей в формировании их гармоничного развития // Гигиена и санитария. 2015. № 6. С. 58–62.
3. Паршутина Л.А. Подходы к конструированию заданий различного типа для домашней работы учащихся 5–11 классов по биологии // Современное педагогическое образование. 2020. № 6. С. 127–132.
4. Клюкина Ю.С., Божьеволина И.М. Организация домашней учебной деятельности учащихся в процессе обучения биологии в школе // Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 100–103.
5. Рапопорт И.К., Цамерян А.П. Особенности формирования нервно-психических расстройств и нарушений зрения у московских учащихся в процессе обучения // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 5 (314). С. 20–27.
6. Федеральные государственные образовательные стандарты общего образования: биология. М.: Просвещение, 2012. 138 с.
7. Демьянков Е.Н., Тимофеева Л.Л. Биология. Природа живая и неживая в задачах, проблемных вопросах и интересных фактах. Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2016. 191 с.

УДК 372.853:378.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ

Черпакова Н.А., Капустина Л.В.

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет», Барнаул,  
e-mail: [nadja-cherpakova@mail.ru](mailto:nadja-cherpakova@mail.ru)

Часть физических задач при решении приводят к необходимости вычисления определенного интеграла. При этом в прикладных задачах часто сталкиваются со сложностями вычисления значений различных определенных интегралов. Данная статья содержит описание способов применения численных методов интегрирования к решению физических задач, содержащих интегралы от трансцендентных функций или интегралы, вычисление которых вызывает значительные затруднения. Рассмотрены такие численные методы интегрирования, как метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона. Алгоритмы данных методов реализованы на языке программирования высокого уровня Python. Для удобства применения численных методов интегрирования в решении конкретных физических задач разработан веб-ресурс на базе фреймворка Django. Интерфейс веб-ресурса максимально адаптирован для пользователей, а функционал содержит возможность не только вычислить интеграл от выбранной функции, но и возможность адаптации кода программ для решения своей конкретной задачи. Апробация ресурса проведена в процессе обучения дисциплинам естественнонаучного направления студентов института информационных технологий и физико-математического образования Алтайского государственного педагогического университета. Разработанный ресурс показал высокую эффективность и практико-ориентированность. Работа позволяет актуализировать межпредметные связи между такими дисциплинами, как программирование, физика, методы и математический анализ.

**Ключевые слова:** численные методы, определенный интеграл, Python, Django, метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона

## THE USE OF NUMERICAL INTEGRATION METHODS IN SOLVING PHYSICAL PROBLEMS IN THE PROCESS OF BACHELOR TRAINING

Cherpakova N.A., Kapustina L.V.

Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: [nadja-cherpakova@mail.ru](mailto:nadja-cherpakova@mail.ru)

Some of the physical problems in the solution lead to the need to calculate a definite integral. At the same time, in applied problems, one often encounters difficulties in calculating the values of various definite integrals. This article contains a description of methods for applying numerical integration methods to solving physical problems containing integrals of transcendental functions or integrals, the calculation of which causes significant difficulties. Such numerical methods of integration as: method of rectangles, trapezoidal method, Simpson's method are considered. The algorithms of these methods are implemented in the high-level programming language Python. For the convenience of using numerical integration methods in solving specific physical problems, a web resource based on the Django framework has been developed. The interface of the web resource is maximally adapted for users, and the functionality contains the ability not only to calculate the integral of the selected function, but also the ability to adapt the program code to solve your specific problem. Approbation of the resource was carried out in the process of teaching the disciplines of the natural science direction to students of the Institute of Information Technology and Physics and Mathematics Education of the Altai State Pedagogical University. The developed resource showed high efficiency and practice orientation. The work allows you to update the interdisciplinary connections between such disciplines as programming, physics, methods and mathematical analysis.

**Keywords:** numerical methods, definite integral, Python, Django, rectangle method, trapezoid method, Simpson method

Проблемой вычисления определенных интегралов от функций, не имеющих первообразных, начали заниматься еще в XVII в., когда немецкий и английский ученые Г. Лейбниц и И. Ньютон открыли основные принципы дифференциального и интегрального исчисления. В этот период решались задачи астрономии, геодезии и расчета механических конструкций. С 1940 г. потребность в численных методах возросла в связи с решением военных задач, требующих высокой скорости и определенной точности. Существуют более 10 методов численного интегрирования [1], однако наш интерес представляют методы Ньютона – Котеса, так

как эти методы можно реализовать в среде программирования. Часто встречаются функции, первообразную от которых найти невозможно, следовательно, невозможно использовать знаменитую формулу Ньютона – Лейбница. Решением данной проблемы выступают численные методы интегрирования: метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона. Наиболее часто неберущиеся функции встречаются в физических задачах, в разделах статистической физики, оптики и термодинамики.

Использование информационных технологий находит свое применение во многих сферах образования. При решении за-

дач по физике вычисление определенных интегралов зачастую вызывает у студентов затруднения, что ведет к временным затратам и потере точности. Интеграция таких дисциплин, как физика, математика и информатика, в цифровой среде повышает эффективность решения задач. Использование открытого кода и возможность модификации программ мотивирует студентов к изучению языка программирования Python.

Целью работы является программная реализация численных методов интегрирования на языке Python и их адаптация для решения физических задач в процессе преподавания дисциплин естественнонаучного направления бакалаврам.

### Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в процессе подготовки бакалавров педагогического и инженерного направлений. В исследовании рассмотрены следующие методы численного интегрирования: метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона. В данных методах используется геометрический смысл определенного интеграла. То есть интеграл представляет собой площадь, которая ограничена кривой  $y = f(x)$ , осью  $OX$  и прямыми  $x = a$ ,  $x = b$ . Метод численного интегрирования заключается в замене подынтегральной функции вспомогательной (аппроксимирующей) функцией, интеграл от которой вычисляется в элементарных функциях.

Самым простым методом численного интегрирования является метод прямоугольников. Существует три способа использования данного метода: метод левых прямоугольников, метод правых прямоугольников и метод средних прямоугольников [1].

Метод трапеций также относится к простейшим методам численного интегрирования, но дает значительно лучшее приближение. Также, в отличие от метода прямоугольников, метод трапеций применим к функциям, заданным в конечном числе точек, так как в этом случае всегда можно взять в качестве узлов интегрирования данные точки [2]. Метод трапеций встречается на практике чаще, чем метод прямоугольников, но реже, нежели метод Симпсона. Метод Симпсона приближенного вычисления определенного интеграла основан на замене графика подынтегральной функции дугами парабол, оси которых параллельны оси  $OY$  [1]. То есть, если заменить подынтегральную функцию квадратичной функцией, то, вычислив определенный интеграл от нее на заданном отрезке, получим формулу Симпсона [2]. В отличие от предыдущих методов, в ме-

тоде Симпсона аппроксимирующая функция гладкая, поэтому погрешность данного метода ниже, чем в методах левых и правых прямоугольников и в методе трапеций.

### Результаты исследования и их обсуждение

Численные методы интегрирования встроены во многие математические пакеты, однако есть ряд причин, по которым использование написанных программ имеет преимущество среди математических пакетов. Одна из основных – это то, что точность вычисления в математических пакетах по проведенному анализу оказалась ниже, чем точность алгоритмов, реализованных на языке Python.

В результате работы перечисленные выше методы были реализованы на языке программирования высокого уровня Python [3] и представлены в виде веб-ресурса, разработанного на основе фреймворка Django. Django – это свободный фреймворк для веб-приложений на языке Python, использующий шаблон проектирования MVC (Model-View-Controller) [4]. На сегодняшний день это довольно современный фреймворк, с его помощью написаны такие сайты, как Instagram, Disqus, Mozilla, The Washington Times, Pinterest, YouTube, Google и многие другие. Django предлагает высокий уровень производительности за счет встроенных шаблонов. Данный фреймворк может легко взаимодействовать с клиентской структурой и предоставлять контент практически в любом формате. Сценарии использования ресурса представлены на рис. 1.

В данных сценариях описаны действия пользователя, которые он может совершать на сайте. По рис. 1 видно, что при открытии сайта пользователь переходит в раздел навигации, то есть меню сайта. Из меню сайта он может выбрать онлайн подсчет интеграла одним из трех методов или воспользоваться пунктом меню «код программ».

При переходе в один из этих пунктов пользователь видит формы для ввода своих значений (рис. 2), всего на каждой странице метода по три формы для ввода. Каждая форма подписана, поэтому ввод данных будет не затруднителен.

Страница с кодом программ позволяет не только просматривать использованный алгоритм методов Ньютона – Котеса, но и копировать представленный код для расчетов других функций вне веб-ресурса. Для того чтобы использовать данный код, пользователю достаточно скопировать код из формы и воспользоваться компилятором Python, например онлайн-компилятором.



Рис. 1. Пользовательские сценарии

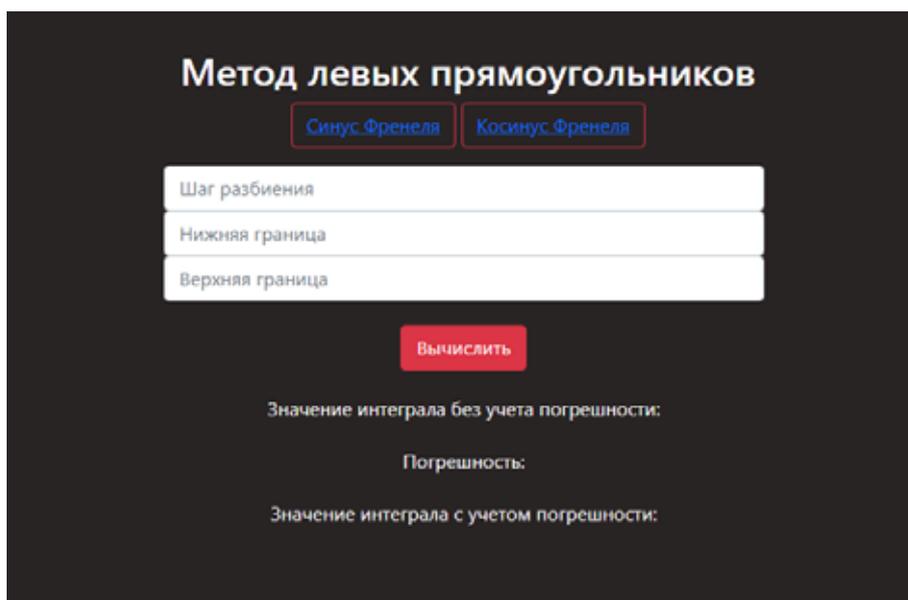


Рис. 2. Формы для подсчета определенных интегралов

На страницах сайта уже представлены формы для подсчета неберущихся определенных интегралов физических функций: интегралы Френеля, функция Пуассона, функция обратного логарифма, дополнительные интегралы Френеля [5, 6].

Стоит подробнее остановиться на проблемных физических задачах, представленных в ресурсе. В задачах по оптике

при описании явлений дифракции Френеля в ближней зоне, возникает необходимость вычисления следующих интегралов:

$$\int_0^x \sin x^2 dx \int_0^x \cos x^2 dx$$

Эти интегралы носят названия интегралы Френеля [5].

Проблемы, возникающие при изучении дифракционных явлений, являются наиболее трудными, и в оптике их редко удается довести до строгого математического решения. В большинстве случаев, представляющих практический интерес, из-за математических трудностей приходится прибегать к приближенным методам.

При изучении интегралов Френеля обычно их вычисляют с помощью контурного интегрирования комплексной плоскости. Суть этого метода заключается в представлении суммы этих интегралов комплексным числом, при этом применяя формулу Эйлера. Данный метод довольно известный и применимый, однако вычисление интегралов таким способом требует знаний не только методов вычисления определенных интегралов, но и теории функций комплексных переменных. Интегралы Френеля используются не только в задачах на дифракцию, в настоящее время с их помощью проектируются дороги, поэтому большой интерес они представляют не только для физиков, но и для инженеров [6].

К функциям  $f(x) = \sin x^2$  и  $f(x) = \cos x^2$  можно применить методы численного интегрирования. В задачах на поиск амплитуды волны в определенной точке поверхности, принято ею считать вектор, соединяющий левый и правый фокусы спирали Корню. Спираль Корню в свою очередь представлена интегралами Френеля, которые в част-

ности берутся в пределах от 0 до  $\infty$ . Рассмотрим следующую задачу:

Построить спираль Корню, чтобы рассчитать распределение поля при дифракции Френеля [5].

Решение

Спираль Корню дает возможность качественно и количественно описать результат дифракции плоской волны, наблюдаемой на экране.

Чтобы построить данную спираль, в качестве декартовых координат берут значения

$$C(\omega) = \int_0^{\omega} \cos(\tau^2) d\tau \text{ и } S(\omega) = \int_0^{\omega} \sin(\tau^2) d\tau,$$

где  $\omega$  – параметр спирали Корню (рис. 3).

Центр спирали Корню – это центр дифракционной картины. Параметр спирали Корню – это отражение сдвига точек волны относительно центра влево и вправо. Далее выбираются значения  $\omega$  (рис. 3) и вычисляются интегралы.

Значение интегралов Френеля при  $\omega$  стремящейся к бесконечности были вычислены путем контурного интегрирования, их значения равны  $\sqrt{\frac{\pi}{8}}$ .

Вычислим эти интегралы с помощью численных методов интегрирования и убедимся в том, что реализованные алгоритмы дают верное решение этой задачи.

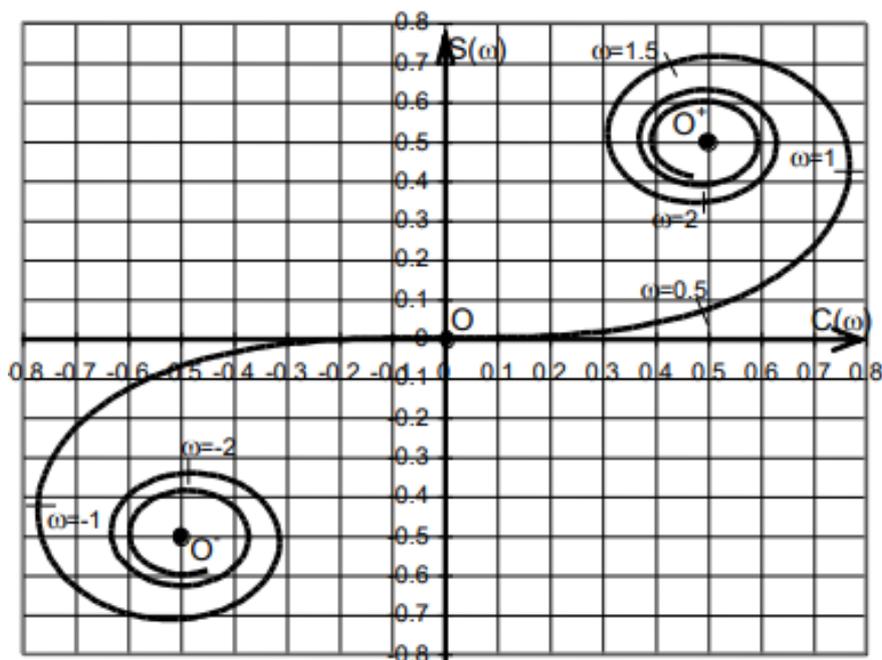


Рис. 3. Спираль Корню

С помощью написанных программ вычислим интегралы Френеля методом прямоугольников. Как правило, чтобы добиться уже предельного значения центральных координат спирали Корню, достаточно использовать шаг разбиения 100, верхнюю границу, равную 10, и нижнюю границу, равную 0 (рис. 2).

В результате вычислений получили значения интегралов равные 0,627 (произведено округление до тысячных). При сравнении полученного значения с числовым значением  $\sqrt{\frac{\pi}{8}}$ , которое

является достоверным и давно доказанным, можно сделать вывод, что численный метод интегрирования решает задачу нахождения неберущегося интеграла Френеля. Таким образом, становится возможным найти множество точек для построения Спирали Корню, для этого достаточно лишь уменьшать параметр  $\omega$  (верхнюю границу интегрирования).

В задачах по термодинамике часто встречается задача на вычисление работы газа при изотермическом процессе. Графиком изотермического процесса является график гиперболы.

Рассмотрим следующую задачу:

Какую работу совершает водород при изотермическом расширении, если его объем увеличился с 1 л до 5?

Решение

Зная, что график изотермического расширения водорода выглядит как гипербола, нужно найти площадь криволинейной трапеции.

То есть вычислить  $\int_1^5 \frac{1}{x} dx$ .

Воспользуемся для этого численным методом трапеций, написанным на языке программирования Python и представленным в веб-ресурсе. Численное вычисление работы газа при увеличении объема с 1 до 5 л дает значение, равное 1,56.

Вычисление определенного интеграла в этом случае затрудняется точностью вычисления натурального логарифма, при использовании сервиса такая проблема отсутствует.

Из курса физики известна задача на вычисление массы стержня, когда дана функция плотности. Если стержень однородный, то значение массы вычислить намного проще, чем значение массы неоднородного стержня. Масса стержня на промежутке равна определенному интегралу от заданной функции и с пределами интегрирования, со-

впадающими с границами промежутка. Рассмотрим функцию  $y = e^{-x^2}$ , следовательно,

массу найдем, вычислив  $\int_a^b e^{-x^2} dx$ . Интеграл

является неберущимся, применив к вычислению метод Симпсона, реализованный в сервисе, можно найти массу стержня. Этот интеграл носит название интеграл Пуассона [5, 6], он встречается не только в физических задачах, но и в теории вероятности. Процесс вычисления интеграла Пуассона очень трудоемкий и зачастую дает неточный результат в силу погрешности параметров. В данном случае метод Симпсона является подходящим для интегрирования функций, первообразная которых не существует.

Для всех задач была выполнена проверка, вычисления соответствуют необходимой точности, путем сравнения полученных значений с эталонными и уже известными. Апробация ресурса проводилась в процессе обучения студентов бакалавриата по направлению «Педагогическое образование» профилями «Математика и физика», «Математика и информатика» и студентов инженерных направлений «Прикладная математика» и «Прикладная информатика» института информационных технологий и физико-математического образования Алтайского государственного педагогического университета. Двум группам студентов предлагалось решать задачи по физике, содержащие соответствующие интегралы с использованием ресурса, две группы выполняли практические работы без использования ресурса. Оценка эффективности ресурса была выполнена путем расчета среднего времени решения соответствующих задач и количества ошибочных решений. Время решения задач, содержащих интегралы Френеля, сократилось на 43%, а задач, содержащих функцию Пуассона и функцию обратного логарифма, на 32%. Количество задач с ошибочными решениями в целом уменьшилось на 27%.

В процессе анкетирования по результатам применения ресурса студенты выделили следующие преимущества: ориентация ресурса на конкретные задачи; быстрое и точное вычисление одного и того же интеграла с различными параметрами; возможность доработки программ для вычисления интеграла произвольной функции. Ресурс не вызвал сложности в использовании у 92% опрошенных студентов. После консультации со специалистами была отмечена перспективность представленной разработки, сейчас требуется методическая работа

по подбору большего количества задачного материала. Дополнение ресурса задачи из различных дисциплин и расширение функционала позволит использовать ресурс более широко.

#### Заключение

В современной реальности компьютерная техника стала предметом повседневного использования человека, в связи с этим целесообразно применять ее образовательный потенциал, что эффективно скажется на учебном процессе. Использование разработанного веб-ресурса в обучении студентов позволяет не только быстрее и с большей точностью решать задачи, но и подчеркнуть важность межпредметных связей между такими дисциплинами, как «Физика», «Математический анализ» и «Численные методы».

Ресурс позволил снизить временные затраты на вычислительный процесс и повысить точность вычислений. В результате апробации была признана практическая значимость ресурса в образовательном процессе и возможность расширения функционала.

Рассмотренные задачи представляют интерес не только в научной сфере, но и в производственной. Преимущество программ численного интегрирования заключается в их универсальности, код программы подходит под любую функцию и может служить вспомогательным инструментом для преподавателей таких дисциплин, как «Физика», «Математическое моделирование», «Дифференциальное исчисление» и мн. др.

#### Список литературы

1. Дулов Е.Н. Введение в численные методы: учебно-методическое пособие для студентов Института физики: учебное пособие, 2012. 62 с.
2. Уткин П.С. Численное интегрирование: методические пособие для МФТИ: учебное пособие, 2014. 46 с.
3. Буйначев С.К. Основы программирования на языке Python: учебное пособие. 2014. 94 с.
4. Дронов В.А. Django: практика создания Web-сайтов на Python: учебное пособие. 2016. 528 с.
5. Трофимова Т.И. Курс физики. Задачи и решения: учебное пособие для учреждений высшего профессионального образования: учебное пособие. 2011. 592 с.
6. Осташков В.Н. Практикум по решению инженерных задач математическими методами: учебное пособие. 2013. 206 с.

УДК 378.1

## ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

**Шарыпова Н.В., Павлова Н.В., Соловьева А.Л., Камалова А.Р.**

*ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет», Шадринск,  
e-mail: sharnadvla@yandex.ru*

В данной статье описан опыт формирования естественнонаучной грамотности студентов средствами цифровой лаборатории (на примере цифрового микроскопа и датчиков цифровой лаборатории по физиологии человека). Актуальность проблемы обозначена включением в школьный компонент предмета «Функциональная грамотность», составляющим которой выступает естественнонаучная грамотность. В связи с этим педагогический вуз должен подготовить специалистов, владеющих необходимым набором компетенций. В исследовании приняли участие студенты четвертого курса, обучающиеся по направлению подготовки «Педагогическое образование», профиль «Биология» на базе ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет». В течение учебного года им были предложены задания с цифровой лабораторией по физиологии человека. Диагностика уровня сформированности естественнонаучной грамотности была проведена с помощью специально разработанных контекстных заданий, также включающих работу с цифровой лабораторией и ее данными. Также студентам (будущим учителям биологии) в рамках методики обучения биологии был объяснен весь алгоритм конструирования контекстных заданий. Повторная диагностика уровня сформированности естественнонаучной грамотности обучающихся показала улучшение освоения компетенции «научное объяснение явления». Положительная динамика результатов выполнения заданий по компетенции «интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов» доказывает необходимость в систематическом включении в процесс обучения студентов контекстных заданий на развитие естественнонаучной грамотности.

**Ключевые слова:** функциональная грамотность, естественнонаучная грамотность, цифровая лаборатория, цифровой микроскоп, датчики цифровой лаборатории, биологическое образование

## EXPERIENCE IN THE FORMATION OF NATURAL SCIENCE LITERACY OF STUDENTS THROUGH A DIGITAL LABORATORY

**Sharypova N.V., Pavlova N.V., Soloveva A.L., Kamalova A.R.**

*Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, e-mail: sharnadvla@yandex.ru*

This article describes the experience of forming students' natural science literacy by means of a digital laboratory (using the example of a digital microscope and sensors of a digital laboratory for human physiology). The urgency of the problem is indicated by the inclusion of the subject "Functional literacy" in the school component, the component of which is natural science literacy. In this regard, the pedagogical university should train specialists who possess the necessary set of competencies. The study involved fourth-year students studying in the field of training "Pedagogical education" profile "Biology" on the basis of the Shadrinsky State Pedagogical University. During the academic year, they were offered tasks with a digital laboratory on human physiology. Diagnostics of the level of formation of natural science literacy was carried out with the help of specially designed contextual tasks, also including work with a digital laboratory and its data. Also, students (future biology teachers) were explained the entire algorithm for constructing contextual tasks as part of the biology teaching methodology. Repeated diagnostics of the level of formation of natural science literacy of students showed an improvement in the development of the competence "scientific explanation of the phenomenon". The positive dynamics of the results of the tasks on the competence "interpretation of data and the use of scientific evidence to draw conclusions" proves the need for systematic inclusion of contextual tasks for the development of natural science literacy in the process of teaching students.

**Keywords:** functional literacy, natural science literacy, digital laboratory, digital microscope, digital laboratory sensors, biological education

Одной из приоритетных задач современного образования при введении новых стандартов является обращение внимания к функциональной грамотности. Перед педагогами, методистами стоит непростая задача по формированию и развитию составляющих функциональной грамотности, тем более в настоящее время, когда в школьном компоненте появился новый предмет «Функциональная грамотность». Достигнуть желаемого результата возможно, если учитель будет сам обладать компетенциями, которые составляют функциональную грамотность. В связи

с этим актуальным является вопрос подготовки будущих учителей, способных формировать функциональную грамотность средствами своего предмета. В данном случае речь идет о будущих учителях биологии и естественнонаучной грамотности как составляющей функциональной грамотности.

Цель исследования заключается в описании опыта формирования естественнонаучной грамотности студентов посредством использования контекстных заданий, включающих работу с цифровым микроскопом и датчиками цифровой лаборатории.

### Материалы и методы исследования

Изучение и анализ методической литературы, педагогическое наблюдение и обобщение его результатов, сравнительный анализ. Эмпирической основой выступили результаты собственно составленных вопросов, не носящих стандартизированный характер, разработанные контекстные задания. Для обработки результатов применялись методы математической обработки данных.

Период исследования – 2021–2022 учебный год. Материальной базой послужило ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет». В исследовании приняли участие 22 студента четвертого курса профиля «Биология».

Практическая значимость работы состоит в том, что изученный опыт по формированию естественнонаучной грамотности будущих учителей биологии посредством использования цифровой лаборатории может быть применен в общеобразовательных учреждениях.

Исследование проводилось в несколько этапов. Первоначально изучены теоретические основы по формированию естественнонаучной грамотности в рамках дисциплин «Физиология человека и животных», «Методика обучения биологии». Далее подготовлены вопросы для опроса студентов, разработаны контекстные задания с использованием цифровой лаборатории. На следующем этапе осуществлялось внедрение контекстных заданий в учебный процесс, проведение повторной диагностики.

При изучении проблемы формирования естественнонаучной грамотности у обучающихся нами был проведен анализ работ В.В. Алексеева, Ю.Ю. Гавронской, которые утверждают, что задания, используемые педагогом в рамках естественных дисциплин, должны быть ориентированы на реальные ситуации [1]. Д.С. Ямщикова в своей работе приводит методику конструирования контекстных заданий как средства формирования естественнонаучной грамотности и показывает целесообразность их применения в школьном курсе биологии [2]. Также контекстные задания для оценки уровня сформированности естественнонаучной грамотности были разработаны Е.А. Никишовой, Г.М. Поповой, В.Г. Разумовским, Г.Г. Никифоровым, А.Ю. Пентиним и др. [3, 4]. К вопросу готовности будущих учителей к формированию функциональной грамотности обращается О.В. Тумашева [5].

### Результаты исследования и их обсуждение

На констатирующем этапе нами была разработана диагностическая работа, вклю-

чающая контекстные задания по дисциплине «Физиология человека и животных». Анализ выполненных студентами работ показал, что высокий балл получили только 9,1% респондентов, которые в устном опросе отметили, что контекстные задания не решали, но при подготовке к единому государственному экзамену встречали практико-ориентированные задания и ситуационные задачи. Остальные студенты (в равном процентном соотношении) набрали средний и низкий баллы. Большинство ответили, что не знают принцип построения контекстных заданий и ранее не встречались с заданиями такого формата. При выполнении заданий в большинстве случаев студентам требовалась помощь педагога.

Далее педагогами были разработаны контекстные задания, которые систематически использовались на практических занятиях. На наш взгляд, формирование естественнонаучной грамотности обучающихся будет происходить более успешно, если учитывать современные достижения науки и принцип научности, преемственности на всех этапах образования. Поэтому внедрение современных цифровых микроскопов Технопарка универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета в учебный процесс бакалавров направления подготовки «Педагогическое образование», профиль «Биология» будет способствовать формированию умений и навыков студентов для облегченного усвоения биологического материала и использованию принципа визуализации в дальнейшей их педагогической деятельности.

Кратко дадим характеристику микропрепаратов, опишем приемы работы с ними и представим задания с использованием цифрового микроскопа и микропрепаратов, датчиков цифровой лаборатории, способствующих формированию естественнонаучной грамотности студентов.

На рис. 1–4 представлены фотографии микропрепаратов, которые гармонично встроились в учебный процесс дисциплины «Физиология человека и животных» при изучении нормального и патологического состояния дыхательной системы.

Для повышения уровня сформированности естественнонаучной грамотности студентов был использован прием микроскопирования как в рамках лекционных, так и практических занятий. При изучении гистофизиологии стенок воздухоносных путей возможна демонстрация преподавателем изображения микропрепаратов (рис. 1) на экране с использованием цифрового микроскопа. При этом четко просле-

живается строение стенок воздухоносных путей, состоящих из слизистой, подслизистой, фиброзно-хрящевой и адвентициальной оболочек. Различное строение в зависимости от диаметра и функционального предназначения оболочек студенты могут отобразить на рисунках, что также способствует более глубокому пониманию своеобразия и общности клеток и тканей, а также осмыслению морфологических и физиологических особенностей.

Патологическое состояние легких и изменения в виде плотных темных клеточно-пылевых очажков можно продемонстрировать на фотографии микропрепарата «Антракоз легких как ранее существовавшее заболевание или фактор риска» (рис. 2). Используя прием сравнения с легким здорового человека (рис. 3), студенты должны выявить отличительные особенности в строении легких, обращая внимание на изменение цвета ткани, уплотнение в связи с чрезмерным развитием соединительной ткани, наличие обширных участков отложений черного угольного пигмента.

В качестве самостоятельной работы студентам предлагался микропрепарат «Легкое при гриппозной пневмонии», при микроскопировании которого необходимо отметить морфологические изменения в ткани. Студенты зарисовывают фрагмент изображения микропрепарата или вклеивают фото (рис. 4) и делают соответствующие обозначения.

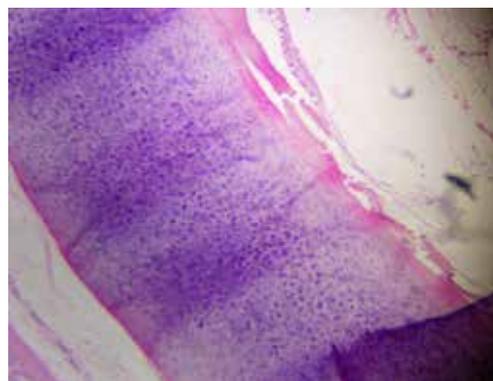


Рис. 1. Фотография микропрепарата «Продольный разрез трахеи кошки»

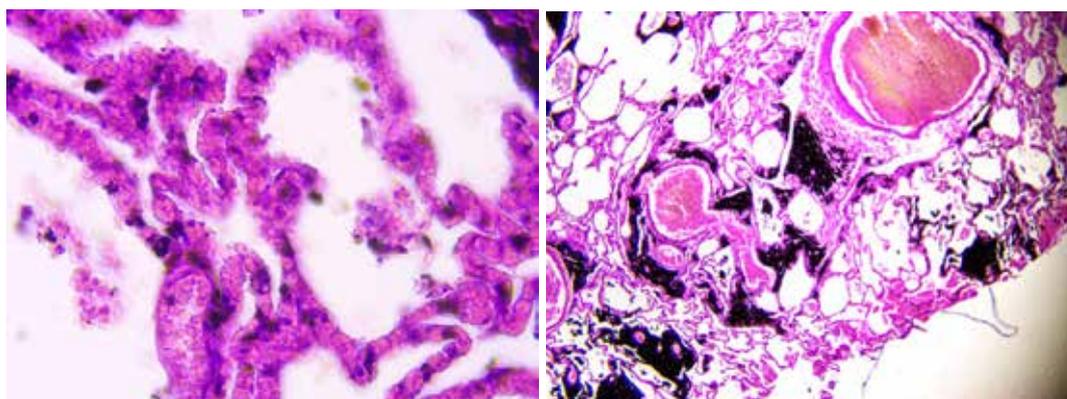


Рис. 2. Фотографии микропрепарата «Антракоз легких как ранее существовавшее заболевание или фактор риска»

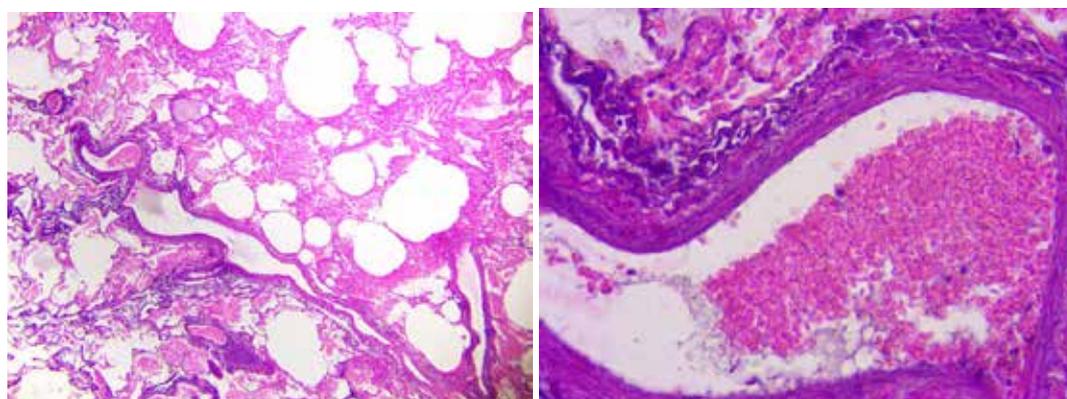


Рис. 3. Фотографии микропрепарата «Поперечный разрез легкого человека с альвеолами, бронхиолами, сосудами, плеврой»

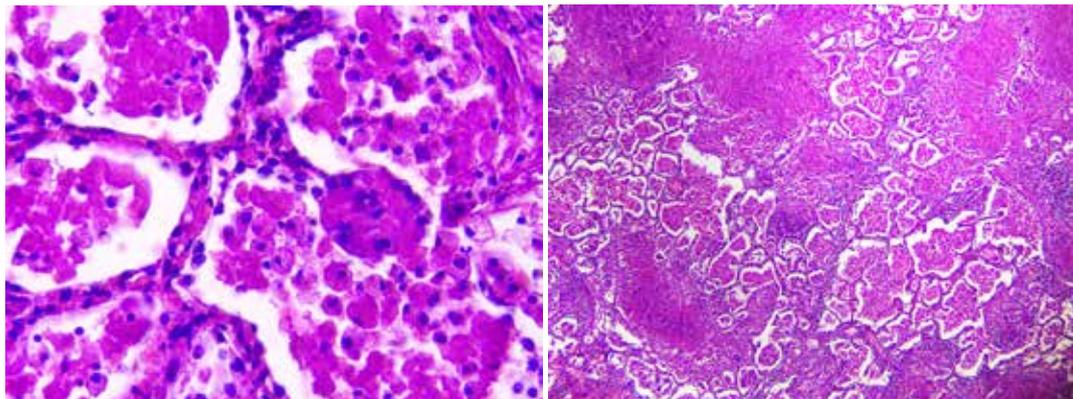


Рис. 4. Фотографии микропрепарата «Легкое при гриппозной пневмонии»

Далее студентам были предложены контекстные задания на тему «Дыхательная система». Теоретическая область задания включала контекст «здоровье», уровень рассмотрения ситуации – личностный. Вопросы были всех трех уровней познавательных действий. При низком уровне: необходимо было определить органную принадлежность структур на представленном гистологическом препарате: например, в случае микропрепарата многорядного мерцательного эпителия указать, что он характерен для трахеи. Вопрос среднего уровня познавательных действий: микроскопировать два препарата и указать морфологические признаки, по которым можно установить видовую принадлежность респираторного отдела дыхательной системы птицы и млекопитающего животного. Задание высокого уровня познавательных действий предполагало проведение измерения с помощью цифрового датчика дыхания (спирометр), анализ полученного графика, сравнение показателей с расчетными табличными данными и формулирование вывода. В рамках другого задания студентам необходимо было сравнить изображения микропрепаратов (нормальное и патологическое состояние органа) и определить, какая фотография соответствовала заболеванию, указанному в теоретической части контекста. Используя разные источники информации, предложить вариант решения проблемы, повлекшей развитие заболевания.

Необходимо отметить, что датчики цифровой лаборатории при изучении дисциплины «Физиология человека и животных» также были применены в практических работах при регистрации пульса, электрокардиограммы, определении изменений в зависимости от физической нагрузки, измерении частоты дыхательных движений, динамометрии кисти и др.

На практических занятиях дисциплины «Методика обучения биологии» студентам была объяснена методика составления контекстных заданий, уровень сложности, объем знаний и умений, формат заданий, представлен кодификатор, используемый для разработки и оценки выполнения заданий по естественнонаучной грамотности, т.е. весь алгоритм конструирования задания. Студенты должны были подготовить диагностическую работу для учащихся 8 классов по теме «Кровеносная система», одним из условий было включение заданий с микроскопированием, использование фотографий микропрепаратов, полученных при помощи видеокамеры цифрового микроскопа, данных датчика измерения артериального давления.

В качестве закрепления работы с контекстными заданиями студентам было рекомендовано использовать данный тип заданий в рамках педагогической практики с целью повышения естественнонаучной грамотности обучающихся.

В конце мая 2022 г. студентам 4 курса направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», профиль «Биология» (с двумя профилями подготовки) была предложена повторная диагностическая работа по дисциплине «Физиология человека и животных» с целью выявления уровня естественнонаучной грамотности. Работу выполняли 22 студента.

В диагностическую работу были включены задания, проверяющие различные познавательные действия, например такие, как «интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов», «описание и научное объяснение естественнонаучных явлений», «применение методов естественнонаучного исследования».

Анализ выполненных студентами контекстных заданий показал, что высокий балл получили 36,4% студентов (увеличение на 27,3%). Средний балл набрало большинство респондентов – 54,5%, а два студента, 9,1%, не справились с предложенными заданиями и получили низкий балл, следовательно, необходима дальнейшая работа по формированию естественнонаучной грамотности.

С заданиями, проверяющими познавательное действие «описание и научное объяснение естественнонаучных явлений», справились все студенты. По второй группе умений, где необходимо было спрогнозировать протекание естественнонаучного процесса, обосновать его и оценить способ научного исследования, процент выполнения составил 68,2. Правильно проанализировать, интерпретировать экспериментальные данные и сделать выводы смогли только восемь студентов, которые и получили высокий балл.

### Заключение

Подводя итог исследования, необходимо отметить следующее: проблема формирования естественнонаучной грамотности студентов выступает показателем сформированных у них компетенций, необходимых для будущей профессиональной деятельности. Студент должен не только получать компетенции, но и уметь их применять и связывать с жизненным опытом.

Результаты по работе в целом указывают на то, что лучше освоена компетенция «научное объяснение явления», где студенты показали умения применять соответствующие естественнонаучные знания, объяснять их применение для общества. Низкие результаты по компетенции «интерпретация данных и использование научных

доказательств для получения выводов», что свидетельствует о необходимости систематически включать в процесс обучения будущих учителей биологии задания на формирование естественнонаучной грамотности. При этом они должны использовать не только цифровую лабораторию, но и другие средства обучения и в рамках изучения других дисциплин, что, на наш взгляд, положительно скажется на деятельности по становлению у будущего педагога умения работать по формированию естественнонаучной грамотности обучающихся в дальнейшей педагогической деятельности.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям деятельности вузов-партнеров ЮУрГГПУ и ШГПУ в 2022 г. по теме «Формирование естественнонаучной грамотности обучающихся посредством цифровой лаборатории по биологии и экологии» (№ 16-436 от 23.06.2022).*

### Список литературы

1. Гавронская Ю.Ю., Алексеев В.В. Виртуальные лабораторные работы в интерактивном обучении физической химии // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2014. № 168. С. 79–84.
2. Ямщикова Д.С. Контекстные задания по биологии как средство формирования естественнонаучной грамотности обучающихся 7–9 классов // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31721> (дата обращения: 11.10.2022).
3. Разумовский В.Г., Пентин А.Ю., Никифоров Г.Г., Попова Г.М. Естественнонаучная грамотность: контрольные материалы и экспериментальные умения // Народное образование. 2016. № 4–5 (1456). С. 159–167.
4. Пентин А.Ю., Никифоров Г.Г., Никишова Е.А. Новые подходы к оценке естественнонаучной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. № 4 (61). С. 80–97.
5. Тумашева О.В. Готовность будущего учителя к формированию функциональной грамотности обучающихся // Вестник Мининского университета. 2021. Т. 9. № 3. С. 3.