

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

Журнал издается с 2003 г.  
12 выпусков в год

Электронная версия журнала

[top-technologies.ru/ru](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, Горбатько С.М. (Москва); д.т.н., профессор, Гоц А.Н. (Владимир); д.п.н., профессор, Далингер В.А. (Омск); д.псх.н., профессор, Долгова В.И., (Челябинск); д.э.н., профессор, Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., профессор, Дресвянников А.Ф. (Казань); д.псх.н., профессор, Дубовицкая Т.Д. (Сочи); д.т.н., доцент, Дубровин А.С. (Воронеж); д.п.н., доцент, Евтушенко И.В. (Москва); д.п.н., профессор, Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.п.н., профессор, Жеребило Т.В. (Грозный); 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, Иванов Г.С. (Москва); д.х.н., профессор, Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., профессор, Ижуткин В.С. (Москва); д.т.н., профессор, Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., профессор, Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.н., доцент, Кибальченко И.А. (Таганрог); д.п.н., профессор, Клемантович И.П. (Москва); д.п.н., профессор, Козлов О.А. (Москва); д.т.н., профессор, Козлов А.М. (Липецк); д.т.н., доцент, Козловский В.Н. (Самара); д.т.н., доцент, Красновский А.Н. (Москва); д.т.н., профессор, Крупенин В.Л. (Москва); д.т.н., профессор, Кузлякина В.В. (Владивосток); д.т.н., доцент, Кузяков О.Н. (Тюмень); д.т.н., профессор, Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., профессор, Лавров Е.А. (Суми); д.т.н., доцент, Ландэ Д.В. (Киев); д.т.н., профессор, Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.ф.-м.н., доцент, Ломазов В.А. (Белгород); д.т.н., профессор, Ломакина Л.С. (Нижний Новгород); д.т.н., профессор, Лубенцов В.Ф. (Краснодар); д.т.н., профессор, Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., профессор, Макаров В.Ф. (Пермь); д.п.н., профессор, Марков К.К. (Иркутск); д.п.н., профессор, Магис 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, Скряпник О.Н. (Иркутск); д.п.н., профессор, Собянин Ф.И. (Белгород); д.т.н., профессор, Страбыкин Д.А. (Киров); д.т.н., профессор, Сугак Е.В. (Красноярск); д.ф.-м.н., профессор, Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., профессор, Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., профессор, Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., профессор, Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., профессор, Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., профессор, Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., профессор, Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., профессор, 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)

---

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 1,021.**

**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,305.**

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

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

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

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

тел. +7 (499) 705-72-30

E-mail: [edition@rae.ru](mailto:edition@rae.ru)

Подписано в печать – 30.12.2020

Дата выхода номера – 30.01.2021

Формат 60×90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания»

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

Техническая редакция и верстка

Байгузова Л.М.

Корректор

Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный

Распространение по свободной цене

Усл. печ. л. 17,13

Тираж 1000 экз.

Заказ СНТ 2020/12

Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

---

## СОДЕРЖАНИЕ

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

**СТАТЬИ**

РЕГИСТРАЦИЯ И ОБРАБОТКА СИГНАЛА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА	
<i>Баталов А.В., Веселов О.В.</i> .....	263
МОДЕЛЬ МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ – CNN»	
<i>Нгуен Тхе Кыонг, Сырямкин В.И., Нгуен Чанг Хоанг Тхуи</i> .....	269
МОДЕЛЬ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА ЖИТЕЛЬСТВА ПО ЗАДАННЫМ КРИТЕРИЯМ	
<i>Огар Т.П., Панфилов А.Э., Степанченко И.В., Тананушко С.В., Харитонов И.М.</i> .....	281
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТЕЙШЕГО ВОСПИТАНИЯ РОБОТОВ, РЕАГИРУЮЩИХ НА ЗВУКОВЫЕ СТИМУЛЫ	
<i>Пенский О.Г., Шестаков Е.С.</i> .....	286
КУСОЧНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ, ПРОИЗВОДНЫХ И ИНТЕГРАЛОВ С ПРИЛОЖЕНИЕМ К РЕШЕНИЮ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ	
<i>Ромм Я.Е., Джанунц Г.А.</i> .....	291
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛА РАЗМОТКИ РУЛОНА ТЕКСТИЛЬНЫХ И ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Степанов П.Е., Усов А.Г.</i> .....	317
РАЗРАБОТКА ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ С ОТПРАВКОЙ УВЕДОМЛЕНИЙ «УМНЫЙ ДОМ» НА ПЛАТФОРМЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА ARDUINO	
<i>Хасанова С.Л., Беляев Б.В., Шарипова Р.Р.</i> .....	324

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

**СТАТЬИ**

УЧЕБНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТОВ ВЫПУСКНОГО КУРСА МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА	
<i>Алексеев С.Н., Гайворонская Т.В., Дробот Н.Н.</i> .....	329
МОДЕЛЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ К ОРГАНИЗАЦИИ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
<i>Бакулин С.В.</i> .....	335
ВЛИЯНИЕ ТИПА ТЕМПЕРАМЕНТА СПОРТСМЕНОВ-СТРЕЛКОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ В ПИСТОЛЕТНОЙ ПРОГРАММЕ	
<i>Воробьева С.М., Донских В.В.</i> .....	341
СПЕЦИФИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ КИНООПЕРАТОРСКОГО МАСТЕРСТВА» СТУДЕНТАМ, ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ПРОФИЛЮ «РЕЖИССУРА КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ»	
<i>Донсков Н.А.</i> .....	346

---

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО АПРОБАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ МЕТОДИКИ «ЗАНИМАЮСЬ ОДИН» ПО ВОСПИТАНИЮ ПЕДАГОГА-ВОКАЛИСТА В УНИВЕРСИТЕТЕ ЦЗЯМУСЫ <i>Ду Хуэйцю</i> .....	352
РОЛЬ ДИДАКТИЧЕСКИХ ИГР В ПРОФИЛАКТИКЕ ПРЕДПОСЫЛОК ДИСГРАФИИ У СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ С ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ЗАПУЩЕННОСТЬЮ <i>Евтушенко И.В., Оксенюк О.В.</i> .....	357
КЛАССИЧЕСКАЯ ФИЛОЛОГИЯ В САРАТОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: ИСТОКИ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ И ПРЕПОДАВАНИЯ (1917–1920) <i>Кащеев В.И.</i> .....	362
ПРОБЛЕМЫ ХУДОЖЕСТВЕННО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ <i>Лыкова Е.С., Сухарев А.И.</i> .....	368
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ MOODLE В РАМКАХ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК» <i>Суворова Е.В., Полякова Л.С.</i> .....	373
ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛЕЙ ВКЛЮЧЕНИЯ ОНЛАЙН-ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС УНИВЕРСИТЕТА <i>Сысоева Л.А.</i> .....	378
ИГРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ «ЖИПТО» В КОРРЕКЦИОННО-РАЗВИВАЮЩЕЙ РАБОТЕ ДОШКОЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ <i>Троева-Лугинова Л.Д., Голиков А.И.</i> .....	384
СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЕЙ В БЕЛЬГИИ <i>Яценко Г.С.</i> .....	389

---

**CONTENTS**

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

**ARTICLES**

DETECTION AND PROCESSING OF MUSCLE BIOELECTRICAL SIGNAL FOR BIONIC PROsthESIS DRIVE CONTROL <i>Batalov A.V., Veselov O.V.</i> .....	263
MODEL FOR THE METHOD OF OBJECT RECOGNITION IN IMAGES USING «CONVOLUTION NEURON NETWORK – CNN» <i>Nguyen The Cuong, Syryamkin V.I., Nguyen Trang Hoang Thuy</i> .....	269
THE MODEL OF OPTIMAL RESIDENCE CHOICE BY GIVEN CRITERIA <i>Ogar T.P., Panfilov A.E., Stepanchenko I.V., Tananushko S.V., Kharitonov I.M.</i> .....	281
A MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF THE SIMPLE EDUCATION OF ROBOTS, CALCULATED WITH THE AMPLITUDE OF THE SOUND SIGNAL <i>Penskiy O.G., Shestakov E.S.</i> .....	286
PIECEWISE INTERPOLATION OF FUNCTIONS, DERIVATIVES AND INTEGRALS WITH APPLICATION TO THE SOLUTION OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS <i>Romm Ya.E., Dzhanunts G.A.</i> .....	291
MATHEMATICAL MODELING OF A UNIT FOR UNWINDING A WEB OF TEXTILE AND POLYGRAPHIC MATERIALS <i>Stepanov P.E., Usov A.G.</i> .....	317
DEVELOPMENT OF A SECURITY SYSTEM WITH SENDING NOTIFICATIONS SMART HOME ON THE ARDUINO MICROCOMPUTER PLATFORM <i>Hasanova S.L., Belyaev B.V., Sharipova R.R.</i> .....	324

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

**ARTICLES**

EDUCATIONAL AND PROFESSIONAL MOTIVATION OF STUDENTS OF THE GRADUATE COURSE OF THE MEDICAL UNIVERSITY <i>Alekseenko S.N., Gayvoronskaya T.V., Drobot N.N.</i> .....	329
MODEL OF PRACTICE-ORIENTED TRAINING OF A FUTURE PHYSICAL EDUCATION TEACHER FOR ORGANIZING SPORTS AND RECREATION AREAS OF EXTRACURRICULAR ACTIVITIES <i>Bakulin S.V.</i> .....	335
INFLUENCE OF TEMPERAMENT OF SHOOTERS ON RESULTS IN PISTOL PROGRAM <i>Vorobyova S.M., Donskikh V.V.</i> .....	341
SPECIFICS OF TEACHING THE DISCIPLINE «FUNDAMENTALS OF CINEMATOGRAPHY» TO STUDENTS STUDYING IN THE PROFILE «FILM AND TELEVISION DIRECTING» <i>Donckov N.A.</i> .....	346
PEDAGOGICAL EXPERIMENT ON TESTING OF INNOVATIVE METHODOLOGY «I DO ONE» ON EDUCATION OF TEACHER-VOCALIST AT JIAMUSI UNIVERSITY <i>Du Huiqiu</i> .....	352

---

THE ROLE OF DIDACTIC PLAYING IN THE PREVENTION OF PRESCRIPTIONS OF DISGRAPHY IN SENIOR PRESCHOOLERS WITH PEDAGOGICAL DESTRUCTION <i>Evtushenko I.V., Oksenyuk O.V.</i> .....	357
CLASSICAL PHILOLOGY AT SARATOV UNIVERSITY: THE ORIGINS OF ITS STUDY AND TEACHING (1917–1920) <i>Kashcheev V.I.</i> .....	362
PROBLEMS OF ART AND EDUCATIONAL EDUCATION IN THE CONDITIONS OF DISTANCE LEARNING <i>Lykova E.S., Sukharev A.I.</i> .....	368
THE USE OF MODULAR OBJECT-ORIENTED DYNAMIC LEARNING ENVIRONMENT IN THE FRAMEWORK OF FOREIGN LANGUAGE TEACHING <i>Suvorova E.V., Polyakova L.S.</i> .....	373
APPROACHES TO IMPLEMENTATION OF MODELS OF INCLUSION OF ONLINE TECHNOLOGIES IN UNIVERSITY EDUCATIONAL PROCESS <i>Sysoeva L.A.</i> .....	378
GAME TECHNOLOGY «JIPTO» IN CORRECTION AND DEVELOPMENT WORK OF PRE-SCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTION <i>Troeva-Luginova L.D., Golikov A.I.</i> .....	384
FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE PROFESSIONAL TEACHER TRAINING IN BELGIUM <i>Yatsenko G.S.</i> .....	389

СТАТЬИ

УДК 004.9:007.51

**РЕГИСТРАЦИЯ И ОБРАБОТКА СИГНАЛА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
АКТИВНОСТИ МЫШЦ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ  
БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА**

**Баталов А.В., Веселов О.В.**

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, e-mail: a.batalov@mail.ru, 010848\_j@mail.ru*

В работе рассмотрены проблемы, возникающие при неинвазивной регистрации сигналов электрической активности мышц в условиях электромагнитных помех. Проведено исследование специфики исходного сигнала и влияния искажений, вносимых синфазными и разностными электромагнитными помехами, на регистрируемый сигнал. В работе предложен ряд решений, повышающих качество полученного сигнала, включающих в себя метод искусственного увеличения коэффициента ослабления синфазного сигнала, способы нивелирования сопротивления электрод – поверхность, а также аппаратные и программные способы фильтрации динамического сигнала от помех, на порядки превышающих амплитуду полезного сигнала. Применение данных решений позволяет значительно повысить достоверность получаемых данных, надежность системы, а также снизить нагрузку на вычислительный модуль измерительного устройства. Описана специфика компоновки электронных частей портативного устройства, включающего аналоговый измерительный блок, высокочастотные дискретные шины данных, а также сверхвысокочастотный радиопередатчик. Рассмотрена система формирования раздельного питания, двухполярного, для высокоточной аналоговой части схемы, и однополярного, для питания радиопередатчика в импульсном режиме. На основании проведенных исследований спроектировано и изготовлено портативное устройство для регистрации электрической активности мышц, предназначенное для управления приводом бионического протеза.

**Ключевые слова:** биоэлектрический потенциал, ЭМГ, синфазные помехи, бионика, неинвазивная регистрация сигнала

**DETECTION AND PROCESSING OF MUSCLE BIOELECTRICAL SIGNAL  
FOR BIONIC PROSTHESIS DRIVE CONTROL**

**Batalov A.V., Veselov O.V.**

*Vladimir State University, Vladimir, e-mail: a.batalov@mail.ru, 010848\_j@mail.ru*

The paper deals with the problems that arise during non-invasive registration of signals of electrical activity of muscles in conditions of electromagnetic interference. A study of the specifics of the original signal and the influence of distortions introduced by in-phase and differential electromagnetic interference on the recorded signal was carried out. The paper proposes a number of solutions that improve the quality of the received signal, including a method for artificially increasing the attenuation coefficient of the common-mode signal, methods for leveling the electrode-surface resistance, as well as hardware and software methods for filtering a dynamic signal from interference that are orders of magnitude higher than the amplitude of the useful signal. The use of these solutions can significantly increase the reliability of the data obtained, the reliability of the system, and also reduce the load on the computing module of the measuring device. The specifics of the arrangement of the electronic parts of a portable device, including an analog measuring unit, high-frequency discrete data buses, and an ultra-high-frequency radio transmitter, are described. A system for the formation of a separate power supply, bipolar, for the high-precision analog part of the circuit and unipolar, for powering a radio transmitter in a pulse mode, is considered. On the basis of the research carried out, a portable device for recording electrical activity of muscles was designed and manufactured to control the drive of a bionic prosthesis.

**Keywords:** bioelectric potential, EMG, common-mode interference, bionics, non-invasive signal recording

Решение проблем протезирования утраченных частей тела является важной отраслью научно-инженерной деятельности. Наиболее остро на данный момент стоит задача обеспечения интерфейса между нервной системой человека и системой управления протезом.

Проблема регистрации электрической активности мышц в большей степени заключается в большой разнице амплитуд исследуемого биопотенциала и помех, возникающих при измерении, часто на порядки превышающих исследуемый сигнал.

Цель исследования: анализ и решение проблем помехозащищенности портативного миографического сенсора мышечной активности для управления мехатронными модулями, при использовании его в различных условиях внешней среды. По завершению, для проверки результатов исследования, будет изготовлен прототип портативного миографического сенсора.

**Материалы и методы исследования**

Исследование биопотенциала мышц может производиться двумя способами:

– С помощью введённых в мышцу игольчатых электродов. Улавливают колебания потенциала в отдельных мышечных волокнах или в группе мышечных волокон, иннервируемых одним мотонейроном.

– С помощью электродов для неинвазивного съёма биопотенциала. Данный метод измерения отражает процесс возбуждения мышцы как целого [1].

Все используемые отведения можно разделить на биполярные, или двухполюсные, в случае если оба электрода являются измерительными и разность потенциалов регистрируется между двумя точками на поверхности тела, и униполярные. При униполярных измерениях один электрод является измерительным, а другой используется как нулевой, индифферентный. Униполярное измерение позволяет регистрировать биоэлектрическую активность под точкой расположения электрода. Выделяют также многоэлектродные измерения, когда в требуемых точках исследуемого объекта накладываются две группы электродов, а электроды каждой группы соединяются через суммирующие цепи, образуя две ветви отведения. Реализация указанных классов измерения для разных методов исследования биопотенциалов различна [2].

В данной работе был выбран метод биполярной неинвазивной регистрации биопотенциалов, поскольку этот метод позволяет отслеживать суммирующую активность определенной мышцы целиком. Это улучшит интенсивность исходного сигнала и позволит зарегистрировать даже незначительную активность отслеживаемой области [3]. Использование данного метода не подразумевает хирургической установки электродов, однако такой метод включает

в результат измерения влияние целого спектра помех.

Искомый сигнал является суммой множества одиночных импульсов отдельных мышечных волокон, захваченных площадью электрода (рис. 1).

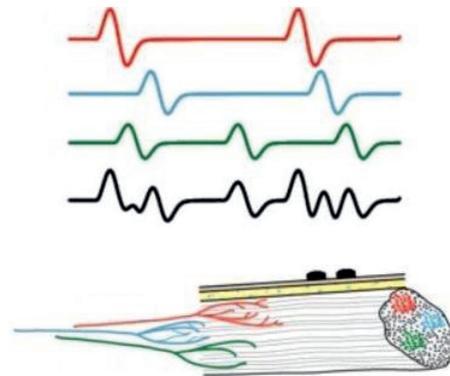


Рис. 1. Процесс образования результирующего биопотенциала

Исходя из медицинских исследований на стационарном миографе [4], частота исходного сигнала лежит в довольно широком диапазоне частот 5–5000 Гц, при этом его амплитуда варьируется в пределах 0,1–10 мВ. Для регистрации такого рода сигналов можно использовать прецизионный дифференциальный усилитель (рис. 2). Дифференциальный усилитель изначально имеет некоторый коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС). Для удобства использования зачастую принято КОСС выражать в децибелах. У операционных усилителей общего назначения он обычно порядка 90дб, у прецизионных может достигать до 130дб и выше.

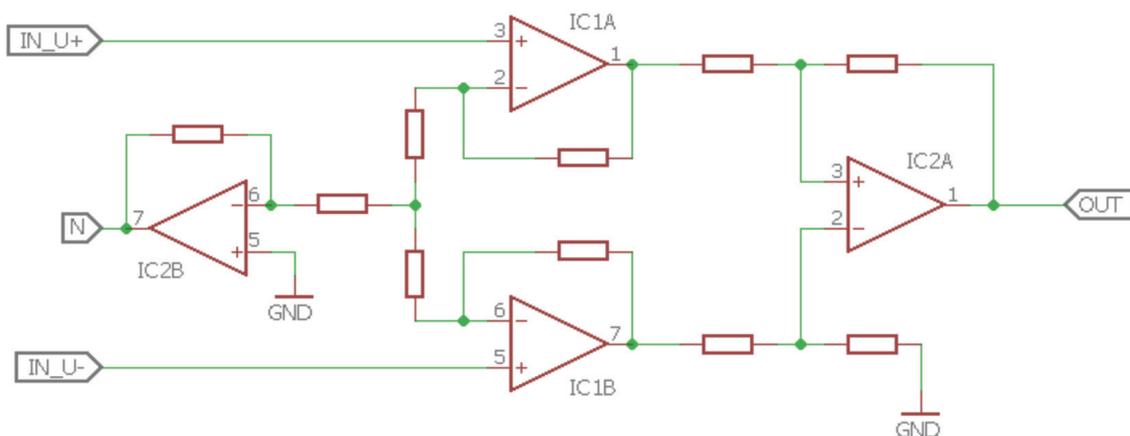


Рис. 2. Схема регистрации биопотенциала инструментальным усилителем

Наибольшее влияние на полезный сигнал, при использовании миографа в бытовых помещениях, имеют следующие факторы:

1. Наведенное напряжение бытовой сети 50Гц.
2. Синфазная составляющая сигнала.
3. Высокочастотные помехи, от импульсных преобразователей и источников питания.
4. Высокое сопротивление участка электрод – поверхность.

При использовании портативного миографа наведенное на электроды напряжение сетью 50 Гц в среднем достигало 10 вольт. Учитывая, что полезный сигнал измеряется в микровольтах, необходимо в первую очередь избавиться от наиболее существенной помехи. Для дальнейшей работы было решено использовать тот факт, что изменение частоты бытовой сети согласно ГОСТ 29322-2014, не должно быть больше чем на 0,4% в обе стороны. Используя режекторный фильтр, рассчитанный на 50Гц, удалось подавить наведенное напряжение с выбранной частотой до значения почти на порядок меньше минимального значения полезного сигнала.

На этом этапе есть возможность уменьшить влияние наиболее весомой, синфазной помехи, а также несколько нивелировать сопротивление электрод – поверхность. Если снимать синфазный сигнал помехи, инвертировать его и подавать обратно на поверхность кожи, то можно существенно увеличить показатель компенсации асимметрии измерения. В миографии этот прием по искусственному увеличению КОСС принято называть «Активной землей» [2]. На схеме (рис. 2) она реализована на ОУ «IC2В». Комбинируя этот метод с остальными, можно существенно повысить общий КОСС системы.

Далее, поскольку полезный сигнал лежит в очень широком диапазоне, в качестве компрессора сигнала, для увеличения динамического диапазона, был применен логарифмирующий фильтр.

В конечном счете требуется получить зависимость вида Интенсивность сигнала – Напряжение. На выходе все еще идет работа с двухполярным напряжением  $\pm 5В$ ; для преобразования его в однополярное, а также для увеличения интенсивности выходного сигнала был применен активный двухполупериодный выпрямитель.

Затем полученный сигнал пропускается через активный фильтр низких частот и поступает на вход АЦП микроконтроллера. Преимущество данной схемы состоит в том, что высокое входное сопротивление ОУ защищает фильтр от высокой нагрузки на вы-

ходе, а небольшое выходное сопротивление не позволяет смещаться частоте сигнала от изменения сопротивления входного сигнала. Хотя эта схема обеспечивает высокое постоянство характеристикам фильтра, ее главным недостатком является то, что она не дает коэффициент усиления превышающего единицу. Однако, хотя коэффициент усиления и равен 1, усиление по мощности составляет много больше единицы, а выходное сопротивление выходит значительно ниже входного.

На этом аналоговая обработка сигнала завершена. Схема аналоговой части устройства изображена на рис. 3.

Для оцифровки полученного сигнала был использован 12-битный АЦП с уравниванием заряда. Беря во внимание теорему Котельникова о дискретизации сигнала с ограниченной полосой, частота выборки должна быть вдвое больше верхней частоты исходного сигнала. Согласно исследованиям [5], верхняя частота мышечного биопотенциала 5 кГц. Исходя из этого, АЦП с большим запасом делает выборки с частотой 615,384 кГц.

Полученный сигнал обрабатывается программным фильтром Калмана. Поскольку расчеты будут проводиться на контроллере со сравнительно невысокой частотой в 8МГц, будет использован несколько облегченный алгоритм фильтрации. Фильтр Калмана предназначен для рекурсивного дооценивания вектора состояния априорно известной динамической системы, то есть для расчёта текущего состояния системы необходимо знать текущее измерение, а также предыдущее состояние самого фильтра. Таким образом, фильтр Калмана, подобно другим рекурсивным фильтрам, реализован во временном, а не в частотном представлении, но, в отличие от других подобных фильтров, фильтр Калмана оперирует не только оценками состояния, а ещё и оценками неопределённости (плотности распределения) вектора состояния, опираясь на формулу Байеса условной вероятности [6]. На практике в чистом виде данный фильтр используется редко. Обычно принимается его упрощенная версия, без матриц и объемных систем уравнений. В нашем случае будет использована одна формула, которая выводится из исходных матриц, при условии, что мы пренебрежем расчетом управляющего воздействия. Формула в конечном итоге имеет следующий вид:

$$M_n = k * A_n + (1 - k) * M_{n-1},$$

где  $M_n$  – результирующее значение текущего вычисления,

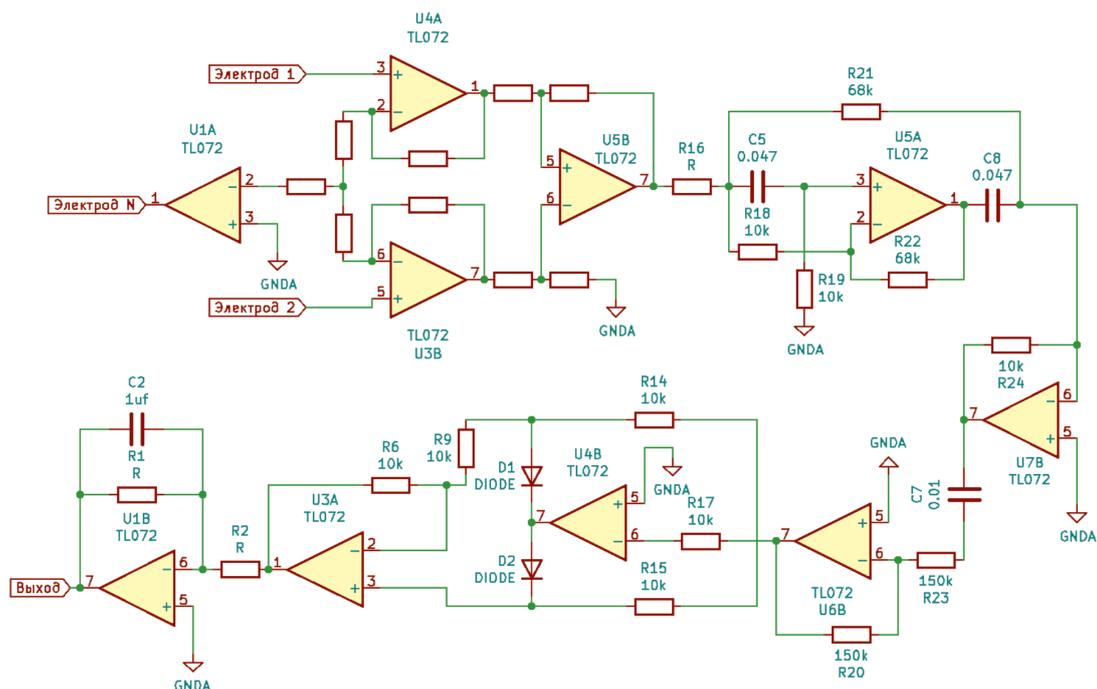


Рис. 3. Схема фильтрации полученного сигнала

$k$  – коэффициент стабилизации,  
 $A$  – исходное значение текущего измерения,  
 $M_{n-1}^j$  – результирующее значение предыдущего вычисления.

Потребуется подобрать этот коэффициент стабилизации под требуемое быстродействие, он должен быть в диапазоне от 0 до 1. Чем меньше коэффициент, тем сильнее сглаживаются данные, но при этом увеличивается время стабилизации [7].

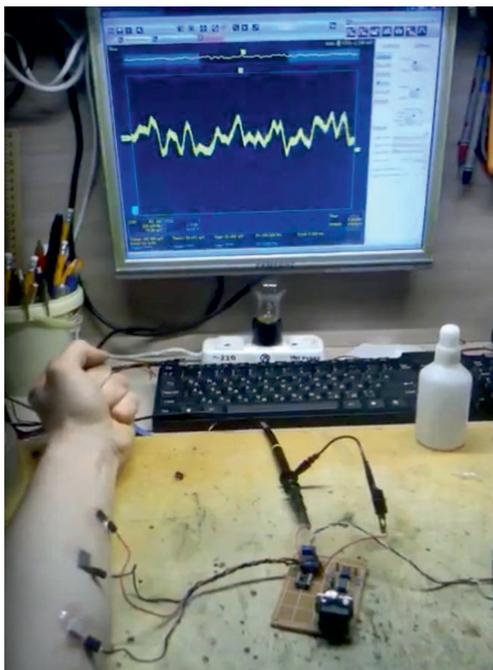
Для передачи полученных данных будет использован радиомодуль nRF24L01. Приемо-передатчик действует в свободном диапазоне ISM (от 2400 до 2483,5 МГц) и имеет программируемую мощность передатчика в диапазоне от 6 до 18 дБм. Для минимизации влияния радиомодуля на схему измерения передатчик был экранирован от остальной части корпуса, а использование функции программирования мощности позволяет при необходимости снизить мощность передатчика до 6 дБм.

Отдельной задачей стояла организация питания устройства. Разнородные части схемы требовали два вида напряжений: двухполярное, для питания прецизионных операционных усилителей всей измерительной части схемы, и однополярное, для питания цифровой части. В частности, проблему создавало импульсное потребление радиомодуля в момент передачи данных. На двухполярное напряжение,

для питания аналоговой части, накладывалось требование обеспечения максимально возможной стабильности выходного напряжения. Этот параметр напрямую влияет на качество полученного сигнала. Для его формирования был выбран преобразователь TPS65135RTER.

Питание радиомодуля было организовано с дополнительными демпфирующими конденсаторами для сглаживания импульсного потребления при передаче, а также блокирующими конденсаторами малой емкости для подавления выбросов обратно в шину питания.

Шумовые свойства аналогового усилителя зависят от внутреннего сопротивления источника сигнала, входного сопротивления и способа построения первых каскадов усиления. Наибольшее влияние на уровень шума оказывают параметры активных элементов. Внутренние шумы биполярных транзисторов складываются из тепловых шумов омических сопротивлений полупроводника, дробовых шумов токов р-п-переходов и шумов токораспределения. Тепловые шумы в общем случае возникают в области базы, коллектора и эмиттера, однако на практике учитывают только тепловые шумы сопротивления базы [8]. Исходя из этого, имеет смысл перенести большую часть работы с сигналом за этап его оцифровки.



а)



б)

Рис. 4. а) фото портативного миографа в процессе калибровки; б) готовое устройство

### Результаты исследования и их обсуждение

Основываясь на требованиях и решениях изложенных в предыдущих пунктах работы, было изготовлено портативное устройство для регистрации электрической активности мышц, фильтрации и передачи полученного сигнала на внешнее устройство (рис. 4). В ходе испытаний были проведены замеры в разных условиях, с различным фоном и интенсивностью электромагнитных помех.

В момент проведения испытаний замеры показали, что доля синфазных помех в пике составила 0,93% от максимального значения полезного сигнала. То есть при используемом диапазоне 5 В, при максимальной интенсивности полезного сигнала, значение наводимой помехи доходило до 0,0465 В.

### Выводы

В ходе испытаний подтвердилось, что наиболее значимым является влияние разностных помех, это ярко выражается при механическом воздействии на один из электродов, использование электродов с твердым гелием или токопроводящего раствора позволяет в значительной степени нивелировать этот фактор.

Радиопередатчик 2,4 ГГц, расположенный в непосредственной близости от аналоговой части, влияния на работу схемы не оказал.

Решение использовать выходной диапазон 0–5 В улучшило качество выходного сигнала, в сравнении с более удобным в оцифровке диапазоном 0–3,3 В. Однако ввело некоторые ограничения в способе оцифровки сигнала. Диапазон 0–5 В подразумевает использование АЦП с питающим напряжением, равным диапазону или выше его. Наиболее же производительные контроллеры со встроенным АЦП в большинстве рассчитаны на питающее напряжение 3,3 В. Однако, как в данном случае, из этой ситуации можно выйти, используя внешний блок АЦП.

Одним из теоретических способов повышения качества сигнала может быть замена аналогового фильтра низких частот его программной реализацией. Это, очевидно, несколько повысит вычислительную нагрузку на процессор, однако позволит избавиться от шумов, наводимых в аналоговом фильтре.

### Список литературы

1. Большая советская энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
2. Зайченко К.В. Съём и обработка биоэлектрических сигналов // СПбГУАП. 2001. 140 с.

3. Сергеев И.Ю., Гайдуков А.Е., Балезина О.П. Физиология: биопотенциалы и электрическая активность клеток: учебное пособие для академического бакалавриата. М.: Изд-во Юрайт, 2017. 132 с.

4. Рубцова М.С., Крутова Е.К., Крупнова И.В., Лебедева О.Р. Связь величины биоэлектрических потенциалов прорастающих семян злаков с гетерозисным эффектом и содержанием аминокислот // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 2. С. 575–579.

5. Анищенко В.В., Трубачева А.В., Шевела А.И., Морозов В.В., Злыгостев И.Н., Савлук А.В., Разумахина М.С., Кузнецов Ю.В., Коркотян А.Г., Кан Б.В. Перспективы электрографии в исследовании функции паренхиматозных орга-

нов для фундаментальной науки и клинической практики // Медицина и образование в Сибири, 2013. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://ngmu.ru/cozo/mos/article/abauthors.php?id=1230> (дата обращения: 13.12.2020).

6. Электромиография // Википедия. Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр\\_Калмана](https://ru.wikipedia.org/wiki/Фильтр_Калмана) (дата обращения: 13.12.2020).

7. Фильтр Калмана // Проекты на микроконтроллерах AVR [10.04.2016]. [Электронный ресурс]. URL: [http://avr-project.ru/publ/poleznaja\\_informacija/filtr\\_kalmana\\_bascom\\_avr/4-1-0-164](http://avr-project.ru/publ/poleznaja_informacija/filtr_kalmana_bascom_avr/4-1-0-164) (дата обращения: 13.12.2020).

8. Гребенюк К.А. Основные виды шумов в электронных полупроводниковых приборах // Известия Саратовского университета. 2012. № 1. С. 63.

УДК 004.89

## МОДЕЛЬ МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ – CNN»

<sup>1,2</sup>Нгуен Тхе Кыонг, <sup>1</sup>Сырямкин В.И., <sup>1,2</sup>Нгуен Чанг Хоанг Тхуи

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск;

<sup>2</sup>Вьетнамский морской университет, Хайфон, Вьетнам,

e-mail: cuongtit@vamaru.edu.vn, svi\_tsu@mail.ru, trangnht@vamaru.edu.vn

Обнаружение и распознавание объектов на изображениях или видео – это задача компьютерного зрения, исследуемая последние двадцать лет. Известно, что при ее решении извлечение признаков из изображений для обнаружения и распознавания объектов выполняется достаточно эффективно с помощью использования свертки матрицы изображения для матриц фильтров. На данный момент существует множество методов, использующих два подхода: машинное и глубокое обучение. Фактически подход глубокого обучения изучается с помощью множества предложенных алгоритмов, применим в реальной жизни. Результатом обнаружения и распознавания объекта на изображении являются метки, сделанные с определенной долей точности. Таким образом, эффективность алгоритма необходимо оценивать на множественных образцах изображений, разделенных на множество различных слоев, соответствующих количеству образцов, которые необходимо идентифицировать. Данные алгоритмы, как правило, основаны на модели сверточной нейронной сети (CNN), которая широко поддерживается инструментами программирования в библиотеках с открытым исходным кодом, так как CNN стала важным инструментом для распознавания объектов. В этой статье описывается общая модель с использованием метода глубокого обучения в проблеме обнаружения и идентификации объектов на изображениях или видео. Подробно описаны математические операции, функции и шаги данного процесса. Модель CNN построена как иллюстративный пример вышеупомянутого метода в соответствии с проблемой распознавания 10-числового почерка. Наглядный пример выполнен на платформе tensorflow с keras. Обнаружение и распознавание объектов на видео требует дальнейшей оценки эффективности обработки кадров в соответствии с разрешением кадров в реальном времени и с их скоростью воспроизведения в секунду (FPS).

**Ключевые слова:** обнаружение объектов, машинное обучение, глубокое обучение, CNN – сверточная нейронная сеть

## MODEL FOR THE METHOD OF OBJECT RECOGNITION IN IMAGES USING «CONVOLUTION NEURON NETWORK – CNN»

<sup>1,2</sup>Nguyen The Cuong, <sup>1</sup>Syryamkin V.I., <sup>1,2</sup>Nguyen Trang Hoang Thuy

<sup>1</sup>National Research Tomsk State University, Tomsk;

<sup>2</sup>Vietnam Maritime University, Hai Phong, Viet Nam,

e-mail: cuongtit@vamaru.edu.vn, svi\_tsu@mail.ru, trangnht@vamaru.edu.vn

Detecting and recognizing objects in images or videos is a computer vision task that has developed over the past twenty years. It is known that when solving it, the extraction of features from images for the detection and recognition of objects is performed quite efficiently using the convolution operator of the image matrix with the filter matrices. Up to now, there are many methods given in two approaches: machine learning and deep learning. In fact, the deep learning approach is being researched, many algorithms have been proposed and applied in real life. The results of object detection and recognition in an image that is labels with a certain proportion of accuracy. Therefore, the effectiveness of the algorithm needs to be assessed on many sample images, divided into many different layers, corresponding to the number of sample layers to be recognized. The algorithms are mostly based on the convolutional neural network model (CNN) which is widely supported by programming tools in open source libraries because the CNN has become an important tool for object recognition. This article gives the most general model using deep learning method, which is used to improve the detecting and recognizing objects in images/ videos. The mathematical operations, functions and process steps are described in detail. The CNN model is constructed as an illustrative example of the above method in accordance with the problem of recognizing 10-digit handwriting. An illustrative example is made on the tensorflow platform with keras. The detection and recognition of objects in video need to further evaluate the efficiency of frame processing in accordance with resolution of frames and frames rate per second (FPS).

**Keywords:** object detection, machine learning, deep learning, CNN – convolutional neural network

### 1. Обзор

Чтобы обнаружить и идентифицировать объект на изображении, необходимо выделить особенности этого объекта и сравнить их с признаками, извлеченными из областей на основном изображении. Поскольку структура изображения представляет со-

бой матрицу пикселей со значениями цвета (R, G, B), обработка изображения также является матричной. Свертка матрицы изображения с разными матрицами фильтров обладает различными свойствами. После каждой свертки формируется слой (англ. layer) в процессе работы. После извлечения всех функций происходит процесс катего-

ризации, в результате которого будут созданы функции, которые будут соответствовать какому-либо слою объекта.

Цель данной статьи – описать проблему обнаружения и идентификации объектов на изображениях/ видео. Объясните математические основы метода в моделях, таких как свертка, функции объединения, функции активации, функции потерь. Затем дайте общую модель сети CNN [1] для проблем и как реализовать эту модель в инструменте программирования с двумя фазами обучения и прогнозирования. Иллюстративный пример – это рукописная задача идентификации из 10 цифр с набором данных образца изображения MNIST [2].

### 2. Проблема идентификации образца на изображениях

Проблема распознавания образцов на изображении может быть выражена следующим образом: Для образца «о» и изображения «I». Пожалуйста, укажите на изображении «I», есть ли образец «о»? Если да, то насколько это точно?

Если это связано с реальным временем, обработка для ответа на вышеуказанный вопрос должна обеспечивать время для представления кадров и место для хранения.

Для простоты выражения модель проблемы распознавания образов, используемая в этой статье, представляет собой задачу «распознавания рукописных чисел» с 10 числами в образцах изображений.

### 3. Математическая теория обработки изображений

#### 3.1. Операторная свертка при обработке изображений

Обнаружение объекта на изображении – это обработка изображения для выделения области изображения, содержащей узор. Затем матрица изображения будет преобразована на основе математических операций для извлечения областей изображения, содержащих особенности образца. Одна из самых распространенных операций – свертка.

Если есть матрица I (размер  $w_x \times w_y$ ) и матрица F (размер  $k_x \times k_y$ ), то свертка обозначается  $\otimes$ , матрица  $C = I \otimes F$  вычисляется по следующей формуле:

$$C_{i,j} = \sum_{u=1}^w \sum_{v=1}^{w_y} I_{i+u,j+v} * F_{u,v}, \quad (1)$$

где  $\{i = 1 \div (w_x - k_x + 1), j = 1 \div (w_y - k_y + 1)\}$  или размер матрицы  $C(x_c, y_c)$  с  $x_c = w_x - k_x + 1$  and  $y_c = w_y - k_y + 1$  (рис. 1).

Конкретный случай со значением ячейки результата C [1,1] будет рассчитан следующим образом:  $C[1,1] = I[1,1] \times F[1,1] + I[1,2] \times F[1,2] + I[1,3] \times F[1,3] + I[2,1] \times F[2,1] + I[2,2] \times F[2,2] + I[2,3] \times F[2,3] + I[3,1] \times F[3,1] + I[3,2] \times F[3,2] + I[3,3] \times F[3,3] = -5$ .

Продолжаем вычислять таким образом, чтобы матрица F покрывала все пиксели матрицы I. Окончательный результат изображен на рис. 2.

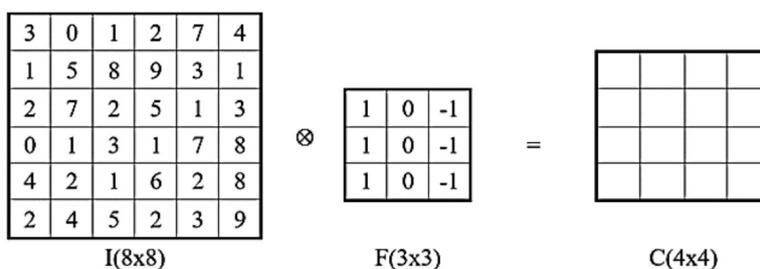


Рис. 1. Данные для сверточной иллюстрации

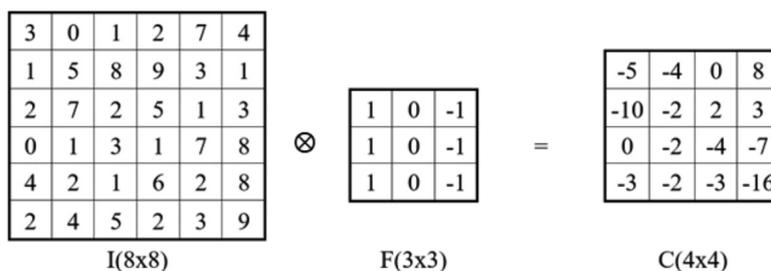


Рис. 2. Иллюстрация результатов умножения свертки

При применении фактической матрицы пикселей, если изображение монохромное, матрица изображения I будет иметь один слой. Если изображение является цветным, матрица изображения I представлена тремя слоями матрицы, соответствующими трем цветам (R, G, B), отсюда матрица C также представлена тремя соответствующими слоями (рис. 3).

Матрица F имеет значение «матрицы фильтра», в результате чего получается новая матрица изображения с более выделенными свойствами. С каждым разным значением матрицы фильтра F получают разные результаты C-матрицы, как показано на рис. 4 [3], «Original» – исходное изображение, «Gaussian Blur» – изображение размытое (плавное), «Sharpen» – изображение выделяется линиями, «Edge Detection» – изображение разделяется краями.

3.2. Данный метод сохраняет размер получаемой матрицы

Поскольку матрица фильтра F меньше по размеру, чем матрица изображения I, размер результирующей матрицы C также меньше, чем размер матрицы I, что означает, что результирующая матрица потеряла часть своей информации о краях справа и снизу матрицы I. Чтобы сохранить размер матрицы C относительно матрицы I, перед выполнением сверточного произведения мы добавляем в матрицу I ячейки со значениями 0 на 4 краях, количество строк (столбцов) смещения это называется значением заполнения «p» (англ. padding). Рис. 5 соответствует p = 1, а матрица C также имеет тот же размер, что и матрица I (6×6).

Легко понять, что при заполнении p = 1 добавляются 2 строки и 2 столбца. Следовательно, размер общей матрицы C равен  $(x_c = w_x + 2p - k_x + 1, y_c = w_y + 2p - k_y + 1)$ .

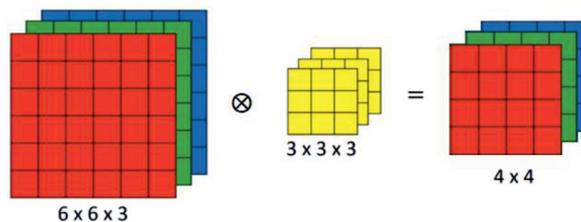


Рис. 3. Иллюстрация с несколькими слоями умножения свертки

Original	Gaussian Blur	Sharpen	Edge Detection
$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Рис. 4. Иллюстрация результата с помощью различных матриц фильтров

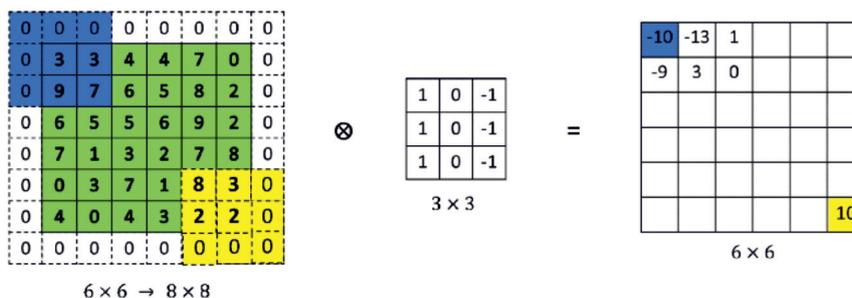


Рис. 5. Примененное заполнение p = 1 перед сверточным с матричного фильтра 3×3

### 3.3. Метод добавления шага для увеличения скорости свертки

При начальном умножении свертки после вычисления значения ячейки в матрице  $S$  матрица  $F$  перемещается влево (или вниз) на столбец (строку) по сравнению с матрицей « $I$ ». Другими словами, 's' (шагов) равно  $I$ . Чтобы увеличить скорость вычислений, мы можем увеличить количество прыжков выше. (До тех пор, пока размер матрицы фильтра размера  $F$ -ядра не будет превышен. Так как если есть еще ячейки, пропускаемые матрицей  $I$ , то они не включаются в расчет свертки.) Если число прыжков больше  $1$ , размер полученной матрицы  $S$  будет уменьшаться с соответствующим числом раз.

Формула для расчета размера матрицы  $S(x_c, y_c)$  в общем случае будет иметь вид

$$\begin{aligned} x_c &= 1 + (w_x + 2p - k_x)/s; \\ y_c &= 1 + (w_y + 2p - k_y)/s. \end{aligned} \quad (2)$$

Если матрица  $I$  изображения и матрица  $F$  фильтра являются квадратными ( $w_x = w_y = w$  и  $k_x = k_y = k$ ), формула для расчета размера матрицы  $S$  будет иметь вид

$$x_c = y_c = 1 + (w + 2p - k)/s. \quad (3)$$

### 3.4. Метод уменьшения размера получаемой матрицы

Во многих случаях, когда размер матрицы « $I$ » является большим, а размер матрицы фильтра « $F$ » мал, размер матрицы « $S$ » будет также большим. Соседние ячейки имеют одинаковое или как минимум не сильно различающееся значение. Далее, для извлечения характеристик изображения, требуется сохранить пиксели, обладающие значительными особенностями. Это означает, что размер матрицы « $S$ » будет значительно уменьшен (понижающая выборка), что таким образом увеличит скорость умножения на следующих этапах. Эта операция называется «объединение/ пулинг» (англ. pooling).

Квадрат, содержащий ячейки, объединенные в матрицу  $S$ , называется маской. Эмпирическое правило обычно заключается в том, чтобы брать «средний пул» или «максимальный пул» (рис. 6).

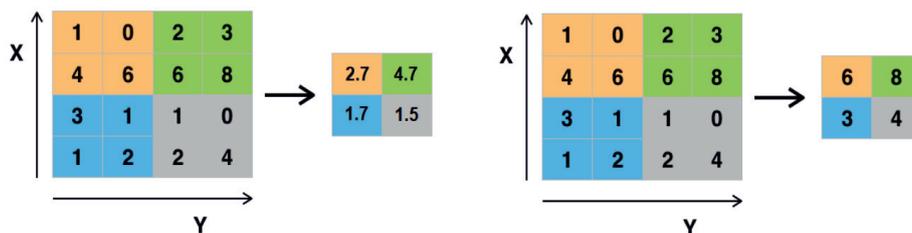


Рис. 6. Операции «средний пул» и «самый большой пул» с «прыжком», равным 2

Легко определить правильное количество сокращений размера по количеству шагов. Обычно это значение  $p = \{2, 4, 8, \dots\}$ .

## 4. Проблемы машинного обучения и распознавания образов

### 4.1. Обзор машинного обучения

Существует два довольно четких определения машинного обучения:

Согласно Артуру Самуэлю (1959), машинное обучение – это дисциплина, позволяющая компьютерам учиться без предшествующего этому программирования их на обучение [4].

По словам профессора Тома Митчелла из Университета Карнеги-Меллона, «машинное обучение» – это компьютерная программа, которая предполагает учиться на опыте  $E$ , выполняя задачи  $T$  и измеряя производительность  $P$ . Если ее производительность применима к  $T$  задач и измеряются увеличением в значении параметра  $P$ , из опыта  $E$  [5].

Распознавание образов – это индустрия машинного обучения. Другими словами, это можно рассматривать как «необходимость оказывать влияние на необработанные данные, специфическое воздействие которых будет зависеть от их типа» [6]. Как таковой, он представляет собой набор методов обучения с визуальным контролем.

Проблема распознавания образов имеет две фазы: «Обучение» (англ. training) и «Предиктивная идентификация» (англ. prediction/ recognition).

Этап обучения существует для того, чтобы иметь возможность идентифицировать образцы, до этого систему необходимо обучить с помощью существующих и маркированных вручную моделей. Программа прочтет данные множества образцов, выяснит правила расчета, чтобы можно было с определенной точностью присвоить значение метке. Чем больше количество исследуемых образцов, тем выше точность. Параметры, включенные в расчет, называются «весами» (англ. weight), функция расчета отклонения от метки называется «функцией потерь» (англ. loss function), коэффициент компенсации потерь называется «смещением» (англ. bias).

На этапе прогнозирования (распознавания) система считывает данные выборки, передает их через набор вычислений и сравнивает их с обученными данными и назначается метке, которая имеет лучшую точность в наборе данных, независимо от того, обучена ли она.

Из статьи [7] известно, что «с машинным обучением инженеры никогда не знают правильных решений, но компьютеры способны справиться с этой задачей». Нейронные сети представляются темными и непостижимыми, другими словами, являют собой «черный ящик». Это означает, что проблема улучшения ограничена, и зачастую трудно понять, почему система улучшается или как ее можно улучшить. В системе машинного обучения просто нет инструмента для фильтрации алгоритма. С чистым машинным обучением единственным – это испробовать множество различных алгоритмов. К сожалению, это не гарантирует, что вы улучшите результаты и достигнете необходимой точности.

Если будут обнаружены какие-либо ошибки или систему необходимо исправить по какой-либо другой причине, процесс возвращается к исходной точке. Таким образом, нам необходимо уточнить модель сети CNN, реорганизовать набор обучающих данных и запустить обучение с нуля.

#### 4.2. Расчетная модель для задачи распознавания образов в картинках

##### 4.2.1. Введение

Для задачи распознавания образов в изображении с характеристикой «х» ( $x_i$  с  $i = 1 \div N$ ), обозначенным «у» ( $y_i$  с  $i = 1 \div M$ ), на основе матрицы фильтра «w». При подобных характеристиках появляется вопрос о том, в какой форме будет функция прогнозирования  $y = f(x)$ ?

Реляционной моделью между входными данными является изображение «х», а выходными данными, обозначенными «у», является следующая линейная функция:

$$y \approx \hat{y} = f(x) = w^T \cdot x. \quad (4)$$

В этой формуле: матрица  $w^T$  – называемый вектор коэффициента (или весовой вектор), нам нужно найти,  $y$  – реальное значение,  $\hat{y}$  – прогнозируемое значение.

##### 4.2.2. Построение и оптимизация функции потерь

###### 4.2.2.1. Ошибка прогноза

После того, как мы разработали модель прогнозирования выхода, такую как (4.1), нам нужно найти оценку, соответствующую

щую задаче. Для общей задачи регрессии мы ожидаем, что разница  $e$  между фактическим значением  $y$  и прогнозируемым значением  $\hat{y}$  минимальна, или  $e = (y - \hat{y}) \rightarrow \min$ . Другими словами, мы хотим, чтобы следующее значение было как можно меньше:

$$\frac{1}{2} e^2 = \frac{1}{2} (y - \hat{y})^2 = \frac{1}{2} (y - x^T \cdot w)^2. \quad (5)$$

Здесь мы берем квадрат, потому что  $e$  может быть отрицательным. Наименьшую ошибку можно описать, взяв абсолютное значение  $|e| = |y - \hat{y}|$ , но этот метод используется редко, поскольку функция абсолютного значения вообще не является дифференциальной, что неудобно для оптимального использования в дальнейшем.

Коэффициент  $\frac{1}{2}$  позже будет убран при получении производной от  $e$  по параметру модели  $w$ .

###### 4.2.2.2. Коэффициент компенсации смещения bias

Обратите внимание, что отношение  $y \approx \hat{y} = f(x) = w^T \cdot x$  является линейным, для удобства при вычислении мы добавляем свободный термин, называемый «коэффициент компенсации» (англ. bias):

$$y = w^T \cdot x + b. \quad (6)$$

Эту величину также можно узнать во время обучения – вектор коэффициентов «w».

###### 4.2.2.3. Функции потерь

В машинном обучении и математической оптимизации функции потерь для классификации – это выполнимые в вычислительном отношении функции потерь, представляющие собой цену, заплаченную за неточность прогнозов в задачах классификации (проблема определения того, к какому конкретному типу наблюдения какой тип относится) [8].

То же самое происходит для всех пар (вход, выход)  $(x_i, y_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , где  $N$  – количество наблюдаемых выборок. Нам нужно усреднить наименьшую ошибку – эквивалентно нахождению модели (функции)  $h_\theta(x_i)$  (с приведенным выше анализом  $h_\theta(x_i) = x_i^T \cdot w$ ), чтобы следующая функция достигла минимального значения (MSE – минимальный квадрат ошибки):

$$\mathcal{L}(w) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (y_i - x_i^T \cdot w)^2 \rightarrow \min. \quad (7)$$

Функция представляет собой функцию квадрата, достигающую минимума в точке минимума, или производная функции будет равна 0. Найденное решение  $w$  является решением уравнения

$$\mathcal{L}'(w) = 0. \tag{8}$$

В математической теории непрерывность может быть вычислена.

На деле существует множество формул для функций потерь:

– Функция средне-квадратической ошибки (MSE) или «среднее квадратическое отклонение» (MSD), как в формуле (7).

– Функция абсолютного значения (очень полезна в статистике):

+ Стандартное отклонение:

$$\mathcal{L} = |y - h_{\theta}(x)|. \tag{9}$$

+ Среднее абсолютное отклонение:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - h_{\theta}(x_i)|. \tag{10}$$

+ Максимальное абсолютное отклонение:

$$\mathcal{L} = \max(|y_i - h_{\theta}(x_i)|), i = 1 \div N. \tag{11}$$

– Функция классификации вероятности: при условии  $h_{\theta}(x_i)$  задает значение  $[0 \div 1]$ , это означает, что способность  $x_i$  относится к классу X. Если выбрано значение  $\geq 0,5$ , то оно также удаляется в противном случае. Функция потерь выглядит следующим образом:

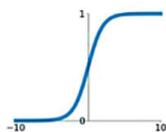
+ Логарифмическая потеря [9]:

$$\mathcal{L} = - \sum_{i=1}^N y_i \cdot \log(h_{\theta}(x_i)) + (1 - y_i) \cdot \log(1 - h_{\theta}(x_i)). \tag{12}$$

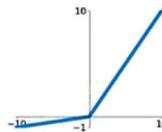
#### 4.2.2.4. Функции активации

«Функция активации» (англ. activation function) – это функция, оценивающая степень результата, полученного после свертки. Если порог пройден, новая примененная матрица фильтра (ядро – англ. kernel) считается приемлемой. В сетевой модели CNN (описывается далее) функция активации имитирует скорость передачи аксона нейрона. Ниже приведены некоторые типичные функции активации и их родственные графические иллюстрации, которые обычно используются в задаче определения шаблонов на фотографиях / видео (рис. 7). Подробнее [9].

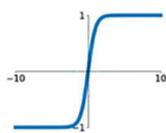
**Sigmoid**  
 $\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$



**Leaky ReLU**  
 $\max(0.1x, x)$

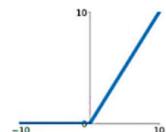


**tanh**  
 $\tanh(x)$



**Maxout**  
 $\max(w_1^T x + b_1, w_2^T x + b_2)$

**ReLU**  
 $\max(0, x)$



**ELU**  
 $\begin{cases} x & x \geq 0 \\ \alpha(e^x - 1) & x < 0 \end{cases}$

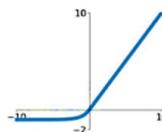


Рис. 7. Некоторые типичные функции активации

### 5. Модель сети CNN для задачи распознавания образов

Выше были описаны: свертка (англ. convolution), ядро (англ. kernel), шаг (англ. stride), добавленная матрица (англ. padding), пул (англ. pooling), весовая матрица (англ. weight matrix), параметры смещения (англ. bias), функции активации и функция потерь. Далее описывается распространенная модель сети CNN для проблем распознавания объектов на фотографиях.

#### 5.1. Общая модель CNN

Для правильного функционирования распознавания образов следует основывать его на его ключевых особенностях. Чтобы правильно представить эти свойства, нам нужно полагаться на их параметры. Наша цель – научить машинное обучение этим параметрам с помощью множества этапов тестирования и оценки. Исследуемая модель использует два процесса: «распространение» (англ. propagation) и «обратное распространение» (англ. backpropagation). Общая модель CNN представлена на рис. 8 [1].

CNN состоят из двух компонентов.

**Скрытые слои** или извлечение объектов: в этой части сеть выполнит серию сверточных вычислений и объединение для обнаружения объектов. Например, если имеется изображение зебры, в этом разделе сеть распознает её полосы, уши и четыре ноги.

**Слой классификации:** в этом разделе класс с полными ассоциациями действует как классификатор ранее извлеченных объектов. Этот слой показывает вероятность появления объекта на изображении.

#### 5.2. Процесс обучения

Процесс обучения будет проходить следующим образом. Цель состоит в том, чтобы включить предварительно назначенные обучающие образцы. Проблема состоит в том, чтобы вычислить матрицу фильтра

(англ. kernel) и матрицу весов, используя матрицу входного изображения для вычисления доступных меток (или значение вероятности с существующей меткой примет наибольшее значение).

Процесс прогрессивного распространения. Для каждой матрицы входного изображения после умножения свертки на матрицу фильтрации (случайно сгенерированную матрицу) применение триггерной функции, функции агрегации (при её наличии) и соответствующих параметров приведет к получению искомой матрицы и отсюда к новым результатам. Весь процесс объединен в один слой (англ. layer). Количество выходных матриц каждого слоя будет равно количеству матриц фильтра, каждая фильтрующая матрица будет представлять атрибут для извлечения. Наиболее часто используемой триггерной функцией является ReLU.

Если в модели есть дополнительные слои, выполните то же, что описано выше. Выходной сигнал после прохождения этих слоев представляет собой набор 2-мерных матриц (которые рассматриваются как матричный блок тензорного потока). Значения матрицы фильтра (kernel) и параметры смещения будут временно сохранены (рис. 9) [10–12].

Далее следуют полностью подключенные слои (англ. fully connected layers/dense) для классификации выборки в соответствии с назначенной меткой. Как рассчитать генерацию взвешенных матриц? Перед входом в этот слой матрицы сглаживаются, что означает их преобразование в векторы (одномерные массивы – англ. one-dimensional arrays). Тогда все еще применяя сверточное умножение с матрицей, преобразованная матрица будет называться весовой с параметрами смещения. Обратите внимание, что матрицы генерируются случайным образом с размерами матрицы, указанными разработчиком. Функция триггера ReLU по-прежнему часто используется.

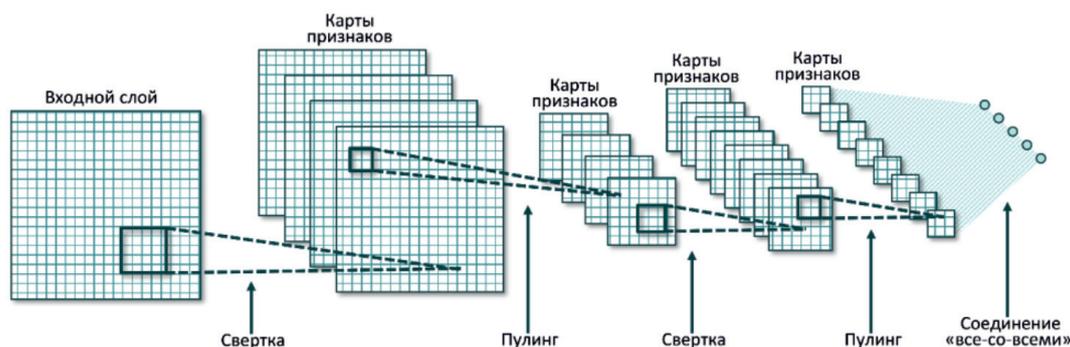


Рис. 8. Общая модель свертки нейронной сети CNN

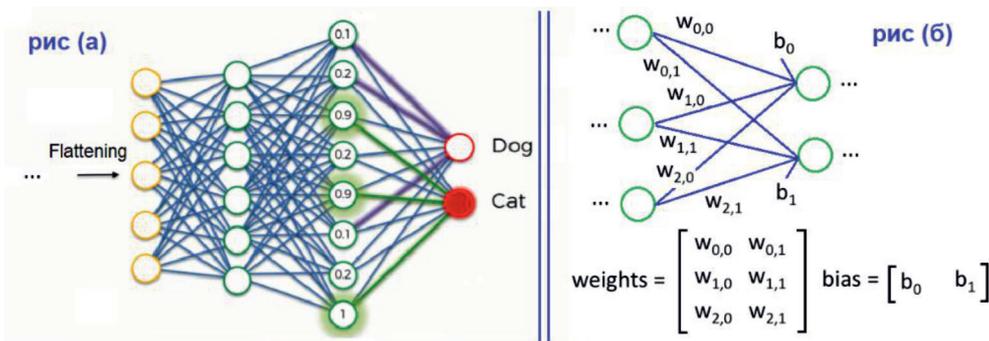


Рис. 9. Иллюстрации полностью связанных слоев

В зависимости от разработчика сети CNN существует много «полностью связанных слоев». И принадлежность к последнему классу определяется в зависимости от того, какие вероятности вернут себе самую высокую соответствующую метку. Завершение процесса «Распространение прогресса». Посмотрите на рис. 5.2.а – иллюстрация вероятности входного предсказания с меткой «кошка – cat», являющейся максимумом с двумя случаями значения 0,9 и одним значением случая 1,0.

Если возвращаемое значение не является самой высокой вероятностью для данной метки, будет выполнен процесс «обратного распространения». Начиная с метки, коэффициент компенсации смещения корректируется таким образом, чтобы значение вероятности, соответствующее данной метке, было наибольшим, далее пересчитываются весовые коэффициенты и т.д. Точно так же весовые коэффициенты, а также параметры смещения обновляются и распространяются обратно до конца слоя «сверточных слоев» (англ. convolution layers) или обратно на слой матрицы входного изображения.

Этот процесс распространения реализуется, в общем, обновляя матрицу фильтра (англ. kernel), смещение параметра (англ. bias) и матрицу весов (англ. weights). Это требуется, чтобы процесс распространения вернулся до наибольшего значения вероятности для метки и обратное распространение также возвращало значение матрицы, соответствующее входной матрице. Поэтому продолжительность фазы обучения часто увеличивается, как показано на рис. 10 [13]. (Обновленные данные в 2015 г.).

Вы можете увидеть больше параметров процесса обучения, упомянутых в таблице документа [14], и увидеть их иллюстрированную демонстрацию в данном документе [15]. Результатом процесса обучения является файл, содержащий сохраняемые ядра, весовые коэффициенты и параме-

тры смещения, а также путь процесса обучения для идентификации образцов (документов, часто именуемых предварительно обученными файлами или моделью – англ. pre-trained model).

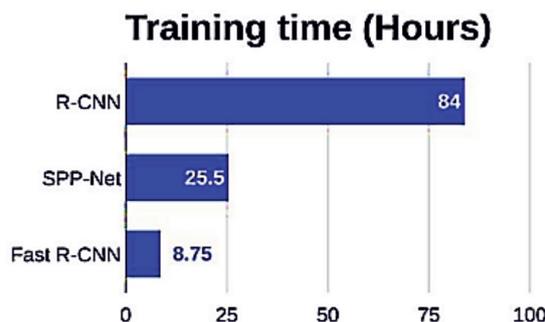


Рис. 10. Сравнение времени обучения между алгоритмами

### 5.3. Предиктивный процесс идентификации объектов

Когда необходимо идентифицировать объект на изображении, на входе будет распознанное изображение, а на выходе будет значение вероятности, соответствующее метке, назначенной объекту, содержащемуся в изображении. Сеть CNN будет действовать скачкообразно в течение процесса обучения. То есть из входного изображения она будет проходить по «встроенному» пути (известные ядра, смещения, веса), через слои свертки, сглаживать и полностью соединять слои изображения. Наконец, значение ее вероятности равно выходной метке. Потому что следование «пути» происходит только один раз, поэтому данный процесс занимает достаточно короткое время для своего завершения. Ранее с помощью алгоритма R-CNN [16] в 2014 г. распознавание изображения могло занимать 47 секунд. Но теперь с алгоритмом YOLO v5 [17, 18] идентификация изображения может занять

всего 2,1 мини-секунды – это является лучшим результатом.

#### 5.4. Создание модели CNN для распознавания рукописных цифр

Проблема распознавания рукописного ввода: если введенное изображение в оттенках серого имеет размер  $28 \times 28$  пикселей. Выходом является значение вероятности, соответствующее числовой метке в пределах  $0 \div 9$  (рис. 11) [2].

##### 5.4.1. Построение модели CNN для проблемы

Модель CNN спроектирована следующим образом: для простоты и чтобы не потерять общности, модель спроектирована с двумя «сверточными» слоями, включая пул, один сплюсненный и два полностью соединительных слоя (англ. fully connected layers/denses). Выводом является значение вероятности результата для 10 случаев, соответствующих меткам чисел  $0 \div 9$  (рис. 12).

Объяснение параметров:

– со слоем свертки:  $f$  = количеству фильтров,  $KZ$  = размеру фильтра,  $w$  = размеру входной матрицы,  $p$  = количеству добавленных строк (англ. padding),  $s$  = шагу (англ. stride),  $act$  = имени триггерной функции (англ. activation function).

– С классом пула:  $pool\_size$  = объединенному размеру лица (англ. pooling size).

– Выровненный слой: после прохождения двух слоев  $conv$  и  $pool$  размер матрицы будет  $5 \times 5$  и после умножения с 32 фильтрами, ее значение будет равно 800.

– Первый полностью подключенный слой Dense (англ. fully connected layer): выходной параметр устанавливается равным 300, это установлено на опытных испытаниях, потому что размер входной матрицы составляет  $28 \times 28 = 784$  пикселей. Но важно, что таким образом количество пикселей в области изображения почерка составляет не более 50% от общего количества пикселей. Триггерной функцией здесь является ReLU.

– Второй полностью связанный слой Dense (также конечный слой): выходной параметр устанавливается равным 10, это необходимо, потому что прогнозируемый номер класса составляет 10 цифр. Функция триггера – softmax, поскольку дает результат, согласно которому вероятность вычисления для соответствующей метки  $p_i$  является значением вероятности для  $i$ -й метки ( $i = 0 \div 9$ ).

Значения параметров задаются пользователем на основании опыта проведенных результатов испытаний несколько раз.

Код модели в Python, использующий бэкэнд – это «tensorflow» и функции класса «keras» [6] (рис. 13).

Результаты запуска программы (рис. 14).

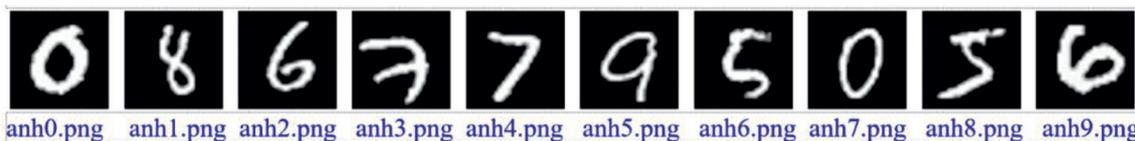


Рис. 11. Пример рукописных цифр, извлеченных из данных MNIST с соответствующим именем файла

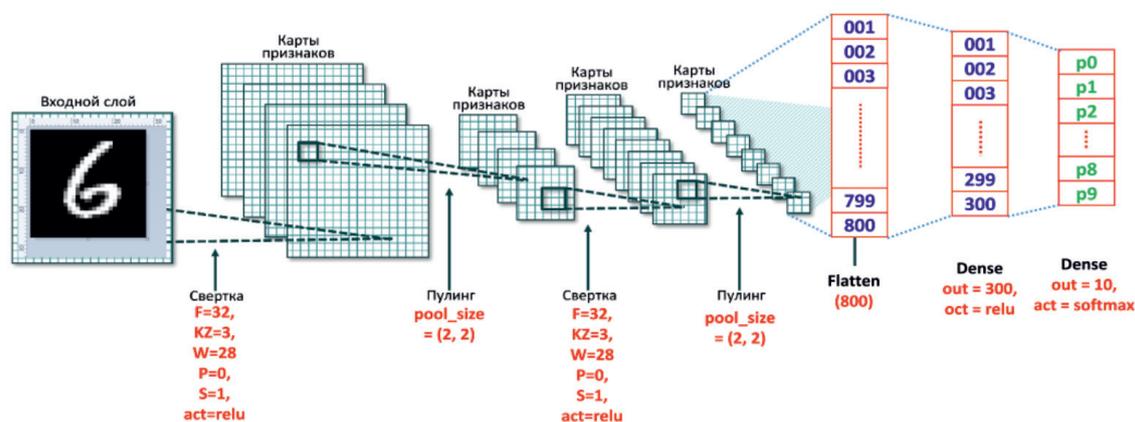


Рис. 12. Дизайн модели CNN распознает рукописные цифры

```
import cv2
import tensorflow as tf
# CNN net
model = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Conv2D(filters=32, kernel_size=(3, 3), input_shape=(28, 28, 1), activation=tf.nn.relu),
    tf.keras.layers.MaxPool2D(pool_size=(2, 2)),
    tf.keras.layers.Conv2D(filters=32, kernel_size=(3, 3), activation=tf.nn.relu),
    tf.keras.layers.MaxPool2D(pool_size=(2, 2)),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(300, activation=tf.nn.relu),
    tf.keras.layers.Dense(10, activation=tf.nn.softmax)
])
model.summary()
```

Рис. 13. Код для моделирования CNN на Python с использованием keras

```
2020-07-30 12:58:17.714295: I tensorflow/core/common_runtime/gpu/g
Model: "sequential"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 26, 26, 32)	320
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 13, 13, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 11, 11, 32)	9248
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 5, 5, 32)	0
flatten (Flatten)	(None, 800)	0
dense (Dense)	(None, 300)	240300
dense_1 (Dense)	(None, 10)	3010

```

Total params: 252,878
Trainable params: 252,878
Non-trainable params: 0

Process finished with exit code 0
```

Рис. 14. Результат при запуске команды, суммирующей параметры модели CNN

Объяснение количества обученных параметров в соответствии с результатом рис. 5.7, показанным выше.

Вход первого класса Conv2D представляет собой матрицу. После выхода из первого слоя свертки размер матрицы составляет 26×26, и таких матриц 32 (соответствует 32 фильтрам). Количество обучаемых параметров составляет (3×3)×32 + 32 (смещение) = 320.

Вне первого класса пула матрицы уменьшены в размере до 13×13, и таких матриц 32. Количество дополнительных тренировочных параметров равно 0.

Таким образом, вход второго слоя свертки составляет 32 матрицы.

Из второго класса conv2d, поскольку имеется 32 входных матрицы, размер фильтра равен 3×3 = 9, количество матриц фильтра

равно 32 и 32 дополнительным смещениям, поэтому число обучаемых параметров равно 32×(3×3)×32 + 32 = 9248.

Размер матриц уменьшается до 11×11, после прохождения второго слоя пула с размером пула = (2, 2) размер матрицы будет 5×5. Дополнительные параметры не обучаются.

Вход первого плотного слоя – 800 числовых значений. Поскольку выходной сигнал установлен на 300, количество обученных параметров составляет 800×300 + 300 (смещение) = 240300.

Вход второго (а также последнего) класса Dense составляет 300 числовых значений. Поскольку выходной сигнал установлен на 10, количество обученных параметров составляет 300×10 + 10 (смещение) = 3010.

Общее количество параметров для обучения составляет:  $320 + 9248 + 240300 + 3010 = 252878$ .

Переменная модели хранит данные построенной нами модели.

#### 5.4.2. Проведение тренировочного процесса

Это стандартный пример задачи: количество входных изображений и метка, уже встроенная в базу данных MNIST [2, 15].

Делается декларация для загрузки данных изображений из MNIST и назначаются данные для учебных и тестовых наборов. Где 'x' хранит матрицу изображения, а 'y' – назначенную метку (рис. 15).

Чтобы ввести данные в тренинг (используя функцию «train» в библиотеке «tenorflow.keras»), необходимо стандартизировать набор данных в формате функции train. В частности, нам нужно следующее (рис. 16).

`x_train.shape[0]` – количество образцов изображений включено в тренинг ( $28 \times 28$ ) – размер фотографии; 1 – количество цветных каналов (поскольку это серое изображение, цветовой канал равен 1). Необходимо преобразовать значение матрицы изображений в обучающие и действительные числа. Каждый пиксель будет иметь серую шкалу от  $0 \div 255$ , но при возврате значение вероятности составляет всего  $0,0 \div 1,0$ . Следовательно, необходимо преобразование изо-

бражения в градациях серого в значение  $0,0 \div 1,0$ , что и делает 25-е установление.

Преобразуйте соответствующую матрицу меток `y_train`, установленную в «один хост-вектор», что означает, что вектор имеет вид: [p0, p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9], соответствующий вероятности изображения присваивается с метками  $0 \div 9$  (рис. 17).

Далее нужно сконфигурировать функцию компиляции, установить функцию «потери», отобразить «точность» при тренировке и проведите тренировку с количеством повторений с набором данных эпох = 10 раз. И напишите обучающий файл с именем «model\_10numbers.h5» (рис. 18).

Результат при запуске программы с набором данных составляет 60000 образцов изображений, повторенных 10 раз, результаты обучения и прогнозы будут следующими (обратите внимание, на рис. 19 изображение содержимого представляет собой комбинацию результатов при запуске программы).

Анализируя результаты, мы видим: изначально значение функции было довольно большим, потеря 0,0901, а точность была низкой 0,0938. Но, в конце концов, при переходе к 10-й итерации (Epoch 10/10) конечный результат – потеря = 0,0151 и точность = 0,9107.

Возвращаясь к рис. 19, входное изображение имеет изображение, аналогичное числу «7», и прогнозируемый результат равен  $1,0 = 100\%$ .

```
16 mnist = tf.keras.datasets.mnist
17 from keras.utils import np_utils
18 (x_train, y_train), (x_test, y_test) = mnist.load_data()
```

Рис. 15. Код выполнения разделяет наборы данных для обучения и тестирования

```
23 x_train = x_train.reshape(x_train.shape[0], 28, 28, 1)
24 x_train = x_train.astype('float32')
25 x_train = x_train / 255
```

Рис. 16. Код нормализует формат набора обучающих данных

```
29 y_train = np_utils.to_categorical(y_train, 10)
```

Рис. 17. Код нормализует данные метки обучающего набора

```
31 #Config lost-function
32 model.compile(optimizer='sgd', loss='mean_squared_error', metrics=['accuracy'])
33 model.fit(x_train, y_train, epochs=10)
34 model.save('model_10numbers.h5')
```

Рис. 18. Код процесса обучения и сохранение в файл данных

```

Start training at: 2020-07-30 14:12:31.114179
Train on 60000 samples
Epoch 1/10
32/60000 [.....] - ETA: 43:12 - loss: 0.0901 - accuracy: 0.0938
...
Epoch 10/10
32/60000 [.....] - ETA: 5s - loss: 0.0163 - accuracy: 0.9062
...
60000/60000 [=====] - 6s 98us/sample - loss: 0.0151 - accuracy: 0.9043
Finish training at: 2020-07-30 14:13:29.064094
...
Start predict at: 2020-07-30 14:13:29.237628
Predict file: D:\Code_Python\Machine_Learning_Co_Ban_1\anh4.png
Label of number: [0 1 2 3 4 5 6 7 8 9]
Result of Predict:[[0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 1. 0. 0.]]
Finish predict at: 2020-07-30 14:13:29.353344
    
```

Рис. 19. Результаты (сокращены) при запуске программы

### Выводы

Сверточная нейронная сеть CNN – очень полезная модель в проблеме распознавания. Хотя предлагаемое время по своей длительности не является большим, с быстрым развитием информационных технологий сегодня и с участием многих исследователей открываются множества сообществ разработчиков открытого исходного кода. Данные алгоритмы развиваются и улучшаются на протяжении всего времени своего существования. Результаты исследований также передаются многим людям для дальнейших экспериментов и их проверки. Модель CNN установлена на платформе tensorflow с библиотекой keras с простым кодом, результаты его работы интуитивно понятны и просты для понимания. В этой статье также кратко представлена модель CNN и объясняются параметры и процесс реализации. Хорошая реализация диаграммы полностью зависит от идеи разработчика (то есть вашей) и экспериментальных результатов работы с наборами данных, опубликованными в интернете в огромных количествах [19].

### Список литературы

1. Соколинский Л.Б. Машинное обучение. Сверточные нейронные сети CNN // Лекция 9. Кафедра системного программирования ЮУрГУ, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://sok.susu.ru/courses/MachineLearnig/lectures/09%20Convolutional%20networks.pdf> (дата обращения: 05.12.2020).
2. MNIST database. [Electronic resource]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/MNIST\\_database](https://en.wikipedia.org/wiki/MNIST_database) (date of access: 05.12.2020).
3. Kernel (image processing). [Electronic resource]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel\\_\(image\\_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_(image_processing)) (date of access: 05.12.2020).
4. Samuel Arthur L. Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. IBM Journal of Research and Development. 1959. Vol. 44. P. 206–226. CiteSeerX 10.1.1.368.2254.
5. Tom M. Mitchell. Machine learning. McGraw-Hill Science. 1997. P. 2.
6. Duda Richard O., Hart Peter E., Stork David G. Pattern classification (2nd edition). Wiley, New York, 2001.

7. Jason Tanz. Soon we won't program computers. We'll train them like dogs. 2016. [Electronic resource]. URL: <https://www.wired.com/2016/05/the-end-of-code/> (date of access: 05.12.2020).
8. Rosasco L., De Vito E. D., Caponnetto A., Piana M., Verri A. Are Loss Functions All the Same? Neural Computation. 2004. Vol. 16 (5). P. 1063–1076. [Electronic resource]. URL: <http://web.mit.edu/lrosasco/www/publications/loss.pdf> (date of access: 05.12.2020).
9. Li Fei-Fei, Andrej Karpathy, Justin Johnson. Convolutional neural networks for visual recognition. Stanford University, 2007. [Electronic resource]. URL: <https://cs231n.github.io/> (date of access: 05.12.2020).
10. Samet Girgin. Day-41 Deep Learning-6 (CNN-2), 2019. [Electronic resource]. URL: <https://medium.com/pursuit-notes/day-41-deep-learning-6-cnn-2-d38b355bd0ba> (date of access: 05.12.2020).
11. Sebastian Raschka. Allowing weight sharing in the last layer – ValueError: can't optimize a non-leaf Tensor. [Electronic resource]. URL: <https://discuss.pytorch.org/t/allowing-weight-sharing-in-the-last-layer-valueerror-cant-optimize-a-non-leaf-tensor/32294> (date of access: 05.12.2020).
12. Convolutional Neural Networks (CNNs / ConvNets). [Electronic resource]. URL: <https://cs231n.github.io/convolutional-networks/#conv> (date of access: 05.12.2020).
13. Rohith Gandhi. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO – Object Detection Algorithms. 2018. [Electronic resource]. URL: <https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e> (date of access: 05.12.2020).
14. Zhong-Qiu Zhao, Peng Zheng, Shou-tao Xu, and Xindong Wu. Object Detection with Deep Learning: A Review. IEEE transactions on neural networks and learning systems for publication, 2019, arXiv: 1807.05511v2. [Electronic resource]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1807.05511.pdf> (date of access: 05.12.2020).
15. ConvNetJS MNIST demo. [Electronic resource]. URL: <https://cs.stanford.edu/people/karpathy/convnetjs/demo/mnist.html> (date of access: 05.12.2020).
16. Ross Girshick, Jeff Donahue, Trevor Darrell, Jitendra Malik. Rich feature hierarchies for accurate object detection and se-mantic segmentation Tech report (v5). UC Berkeley, 2014. arXiv: 1311.2524v5. [Electronic resource]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1311.2524.pdf> (date of access: 05.12.2020).
17. yolov5. [Electronic resource]. URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5> (date of access: 05.12.2020).
18. YOLO V5 is Here! Custom Object Detection Tutorial with YOLO V5. [Electronic resource]. URL: <https://medium.com/towards-artificial-intelligence/yolo-v5-is-here-custom-object-detection-tutorial-with-yolo-v5-12666ee1774e> (date of access: 05.12.2020).
19. About ImageNet. [Electronic resource]. URL: <http://image-net.org/about-overview> (date of access: 05.12.2020).

УДК 004.42

## МОДЕЛЬ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА ЖИТЕЛЬСТВА ПО ЗАДАНЫМ КРИТЕРИЯМ

**Огар Т.П., Панфилов А.Э., Степанченко И.В., Тананушко С.В., Харитонов И.М.**

*Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного  
технического университета, Камышин, e-mail: ogar@kti.ru, pansanja@yandex.ru,  
stilvi@mail.ru, stas.vs@mail.ru, wisdom\_monk@mail.ru*

При планировании переезда возникает проблема поиска оптимального места для миграции. Применение информационных технологий позволяет повысить эффективность решения данной проблемы. В статье предлагается модель подбора оптимального места жительства, удовлетворяющего заданным критериям с разными числовыми характеристиками. Реализация модели производится в виде разработанного программного обеспечения, которое с помощью интеллектуальных алгоритмов подбора данных позволяет упростить процесс поиска населенного пункта, в большей степени удовлетворяющего запросам пользователя. Описываются 10 критериев отбора желаемого места жительства и процесс их выбора в соответствии со степенью важности для пользователя. Предлагается алгоритм подбора городов по степени соответствия запросам пользователя, приводятся формулы расчета итоговых оценок, служащих числовой характеристикой оптимальности места жительства для конкретного пользователя. Приводится пример подбора желаемого места жительства в соответствии с выбранными пользователем критериями, выводится список городов, имеющих максимальную итоговую оценку соответствия запросу пользователя. Разработанное программное обеспечение помимо поиска оптимального места миграции, с помощью методов парсинга сайтов позволяет узнать необходимую информацию о выбранном населенном пункте, список вакансий на местном рынке труда и список доступной недвижимости. Делается вывод об удобстве использования предлагаемого продукта для упрощения процесса поиска оптимального варианта для миграции человека.

**Ключевые слова:** миграция, модель подбора, оптимальное место жительства, значимые критерии, статистические данные, парсинг сайтов

## THE MODEL OF OPTIMAL RESIDENCE CHOICE BY GIVEN CRITERIA

**Ogar T.P., Panfilov A.E., Stepanchenko I.V., Tananushko S.V., Kharitonov I.M.**

*Kamyshin technological institute (branch of the State Volgograd technical University), Kamyshin,  
e-mail: ogar@kti.ru, pansanja@yandex.ru, stilvi@mail.ru, stas.vs@mail.ru, wisdom\_monk@mail.ru*

The problem of finding the optimal place for migration arises when planning a move. The use of information technologies can improve the effectiveness of solving this problem. There is a model for selecting the optimal place of residence that meets the specified criteria with different numerical characteristics offered in the article. The model is implemented in the form of developed software that, using intelligent data selection algorithms, which simplifies the process of searching cities, which better meets the user's needs. In this article 10 criteria of selection of a place to live in and the process of their selection, according to the degree of importance for users, are described. According to user's requests, an algorithm for selecting cities is proposed, and formulas for calculating final estimates, that serve as a numerical characteristic of the optimality of the place of residence for a particular user, are given. An example of selecting the desired place of residence in accordance with the criteria selected by the user is given and a list of cities with the maximum final rating of compliance with the user's request is displayed. The developed software, in addition to searching for the optimal migration location, uses site parsing methods to find out the necessary information about the selected locality, a list of vacancies on the local labour market, and a list of available real estate. The conclusion is made about the convenience of using the proposed product to simplify the process of searching for the optimal option for human migration.

**Keywords:** migration, choice model, optimal residence, relevant criteria, statistics, site parsing

В XXI в. значительно увеличилось количество переездов людей в другие города, а также в другие страны. Глобализация сильно повлияла на общую картину мира. Постепенно процесс переезда становился всё доступнее и проще, следовательно, и сознание людей постепенно стало принимать новые правила за норму. Тенденция миграции на новое место жительства с каждым годом увеличивает свои масштабы [1], так, например, в 2000 г. количество мигрантов по данным ООН насчитывало 173 млн чел., а к 2020 г. это значение достигло уже 272 млн, рис. 1.

В докладе ООН отмечалось положительное влияние миграции на экономические, социальные и демографические проблемы общества, а в принятой резолюции одной из задач ставится содействие безопасной, законной и ответственной миграции. Таким образом, вопрос об улучшении миграционных процессов с каждым годом становится все более актуальным [2].

### *Задачи исследования*

С развитием технологий почти все процессы в жизни человека улучшаются и становятся только удобнее. Применение

информационных технологий в процессе управления миграцией людей делает его проще и удобнее [3]. При планировании переезда в другой город у людей может возникнуть проблема поиска подходящего места для миграции. Для выбора оптимального места жительства, которое удовлетворяет всем потребностям человека, необходимо проанализировать множество информации из разных источников, на поиск которой уходит много времени [4]. В связи с этим актуальна разработка интеллектуального программного обеспечения, позволяющего найти оптимальный вариант для переезда в короткие сроки.

Целью работы является упрощение процесса поиска оптимального варианта для миграции человека. Для достижения цели авторами разработана модель интеллектуального подбора желаемого места миграции человека в соответствии с заданными критериями. Реализация модели производится в виде разработанного программного обеспечения, которое, с помощью интеллектуальных алгоритмов подбора данных, позволяет упростить процесс поиска населённого пункта, в большей степени удовлетворяющего запросам пользователя. Поиск похожих готовых программных решений в сети Интернет показал, что в настоящее время практически не существует аналогов разрабатываемого про-

граммного продукта, а те, что есть, сложно назвать интеллектуальными, они представляют собой всего лишь опросники мнений различных людей, что ещё раз подтверждает актуальность представленной работы.

#### *Критерии отбора*

Реализация модели производится с помощью одностраничного мобильного веб-приложения, в котором пользователю предлагается выбрать различные вариации для множества критериев поиска. Авторами предлагаются следующие критерии отбора желаемого места жительства:

1. Общая численность населения в городе – один из наиболее важных критериев для многих людей. В процессе поиска будущего места жительства большинство людей сразу определяют для себя, в каком городе они хотели бы жить – в большом, среднем или маленьком. Количество жителей – это информация, которая доступна для получения из многих источников благодаря переписи населения. В силу ее изменчивости возникает необходимость периодического обновления данной информации для получения актуальных сведений при расчете критерия. Значение критерия, выбираемого пользователем, является числовым значением, которое участвует в формировании коэффициента соответствия для данного параметра.



*Рис. 1. Статистика количества мигрантов в мире*

2. Площадь города или населённого пункта – критерий, который наряду с численностью жителей позволяет более точно оценить размер и развитость города. Это редко изменяемый параметр, который в открытом виде доступен во многих источниках информации и также является числовым значением, как и предыдущий параметр.

3. Средняя заработная плата – пожалуй, один из самых важных критериев для большинства людей. Для этого критерия статистической характеристикой выбрана мода, а не среднее значение, так как она является более приближенной к реальным значениям данного показателя. Пользователю предлагается выбрать число в диапазоне от 15 до 100 тыс., и по этому значению формируется оценка критерия для каждого города.

4. Языки общения – критерий, необходимый для работы международной версии предлагаемого программного обеспечения. Данный критерий предлагается использовать после запуска приложения в других странах.

5. Состояние экологии – критерий, включающий в себя множество статистических данных из различных источников по каждому из регионов. К этим источникам относятся: затраты на охрану окружающей среды, количество промышленных предприятий, инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов и т.д. Для упрощения использования модели пользователями на начальных этапах было решено использовать пятибалльную систему оценки для каждого города. В более поздних версиях программного продукта предлагается использовать многокомпонентный критерий, учитывающий удельные веса каждого экологического аспекта деятельности города.

6. Климат – один из наиболее сложных критериев модели для расчета. Для получения полной и достаточной информации для каждого пользователя необходимо просчитать множество параметров внутри критерия. Сложность расчета заключается в неоднородности запросов пользователей по данному показателю, так, например, одному пользователю может понадобиться информация о минимальной температуре за год, другому влажность воздуха или количество осадков и т.д. На начальных этапах использования модели применяется показатель расчета среднегодовой температуры в населённом пункте. В более поздних версиях программного продукта предлагается использовать многокомпонентный критерий, учитывающий степень важности

каждого внутреннего климатического показателя для пользователя, в соответствии с которым и рассчитывается окончательное значение указанного критерия.

7. Уровень образования – критерий, показывающий результирующую оценку многих факторов, влияющих на оценку уровня образования в городе. Используются такие показатели, как обеспеченность образовательными услугами населения, научная результативность, доступность дошкольного образования и многие другие. Для упрощения использования модели пользователями на начальных этапах было решено использовать пятибалльную систему оценки для каждого города. В более поздних версиях программного продукта предлагается использовать многокомпонентный критерий, учитывающий удельные веса каждого аспекта образовательной деятельности города.

8. Уровень медицины – показатель развитости города в сфере здравоохранения. К данному критерию относятся: средняя численность медицинского персонала по отдельным специальностям, заболеваемость населения по основным классам болезней, обслуживание населения скорой медицинской помощью, государственное финансирование здравоохранения и т.д. Для упрощения использования модели пользователями на начальных этапах было решено использовать пятибалльную систему оценки для каждого города. В более поздних версиях программного продукта предлагается использовать многокомпонентный критерий, учитывающий удельные веса каждого аспекта уровня развитости медицины в городе.

9. Развитость транспортной инфраструктуры – критерий оценки качества предоставляемых услуг в сфере транспорта. Данный критерий включает: уровень изношенности покрытия автомобильных дорог, наличие сети железных дорог и аэропортов, цена проездного билета на общественный транспорт и т.п. Для упрощения использования модели пользователями на начальных этапах было решено использовать пятибалльную систему оценки для каждого города. В более поздних версиях программного продукта предлагается использовать многокомпонентный критерий, учитывающий удельные веса каждого аспекта уровня развитости транспортной инфраструктуры в городе.

10. Степень безопасности – критерий, показывающий защищённость населения от различных угроз. В первую очередь зависит от уровня преступности в населённом пункте. Данный критерий рассчитывается с помощью социологических опросов

населения и приводится к пятибалльному показателю, где 1 – показатель высокой преступности, а 5 – максимальной уровень безопасности в рассматриваемом городе. На окончательное значение критерия также влияет среднее количество совершаемых в городе преступлений на единицу численности жителей [5].

По мере использования разработанной модели планируется расширить как список критериев подбора необходимого места миграции, так и их внутренние компоненты, позволяющие более точно рассчитывать каждый критерий [6].

В процессе работы с программным продуктом пользователь отбирает интересующие его пункты из всего списка критериев. Далее каждому критерию назначается приоритет с помощью сортировки пунктов по важности для пользователя. Когда выборка необходимых критериев завершена, задаются их значения, которые у каждого пункта будут рассчитаны индивидуально. Для каждого критерия имеется окно выбора важности этого критерия для пользователя. Предлагается выбрать один из двух вариантов – «важно» или «неважно», рис. 2.

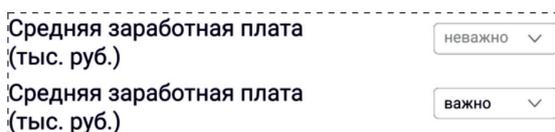


Рис. 2. Определение важности критерия для выборки

Если пользователь определил критерий как значимый для него параметр, то для него появляются новые поля ввода для сбора подробной информации (рис. 3).



Рис. 3. Определение точного значения важного критерия

После заполнения всех интересующих полей критериев, пользователю необходимо разместить критерии в порядке важности, благодаря чему рассчитывается коэффициент важности для отдельного параметра.

#### Описание работы алгоритма

Алгоритм подбора городов в соответствии с выбранными критериями производится по приведенным ниже формулам (1)–(4). Для определения степени соответствия города запросам пользователя производится

расчёт итоговой оценки. Данная оценка рассчитывается по следующей формуле:

$$R_k = \sum_{i=1}^C (1 + w_{ik}) * v_i, \quad (1)$$

где  $R_k$  – итоговая оценка  $k$ -го города по заданным критериям,  $k = 0 \dots T$ ;

$w_{ik}$  – коэффициент совпадения  $k$ -го города с выбранным параметром пользователя для  $i$ -го критерия,  $i = 0 \dots C$ ,  $k = 0 \dots T$ ;

$v_i$  – коэффициент важности  $i$ -го критерия для пользователя,  $i = 0 \dots C$ ;

$T$  – общее число городов, по которым проводится подбор;

$C$  – общее количество критериев.

Коэффициент важности выбранного критерия для пользователя рассчитывается по следующей формуле:

$$v_i = \frac{C - i}{C}, \quad (2)$$

где  $i$  – порядковый номер критерия,  $i = 0 \dots C$ .

Коэффициент совпадения города с выбранным параметром пользователя для определённого критерия рассчитывается по следующей формуле:

$$w_{ik} = \frac{|z_{ik} - \bar{z}_i|}{D_i}, \quad (3)$$

где  $\bar{z}_i$  – среднее значение всех  $z$  по городам;

$D_i$  – дисперсия всех  $z$  по городам;

$z_{ik}$  – промежуточный коэффициент  $i$ -го критерия для  $k$ -го города, вычисляемый по формуле

$$z_{ik} = \frac{N_i - |x_i - y_{ik}|}{N_i}, \quad (4)$$

где  $x_i$  – выбранное пользователем числовое значение  $i$ -го критерия (например, заработная плата (ЗП) – 30 тыс.),  $i = 0 \dots C$ ;

$y_{ik}$  – статистическое значение  $i$ -го критерия у  $k$ -го города (например ЗП – 35 тыс.),  $i = 0 \dots C$ ,  $k = 0 \dots T$ ;

$N_i$  – максимальное значение  $i$ -го критерия среди всех городов (например, максимально возможное среднее ЗП – 100 тыс.).

После выполнения данного алгоритма каждому городу в базе данных выставляется итоговая оценка соответствия текущему запросу пользователя. Все города выводятся в отсортированном виде, начиная с максимального значения соответствия итоговому коэффициенту.

Таким образом, пользователю предлагается список населённых пунктов, максимально соответствующих его запросу, не просто за счёт отсеивания несоответствующих значений по критериям, но и с помощью интеллектуального поиска подходящих городов.

**Таблица 1**

Пример выбора пользователем значимых критериев

Значимые критерии	Значение пользователя
Население (тыс. чел.)	200
Заработная плата (тыс. руб.)	30
Площадь (тыс. км)	100
Климат (°С)	5
Транспорт (баллы)	4

**Таблица 2**

Результат подбора городов по заданным критериям

Название города	Оценка по заданным критериям	Население (тыс. чел.)	Заработная плата (тыс. руб.)	Площадь (тыс. км)	Климат (°С)	Транспорт (баллы)
Стерлитамак	11,70	276	31,3	108	4,0	3,7
Псков	11,54	210	30,4	112	5,9	4,5
Йошкар-Ола	11,30	275	30,1	101	3,7	3,4
Волжский	11,27	320	27,9	200	6,9	3,9
Балаково	10,99	188	31,1	97	6,9	3,4

#### *Пример использования модели*

Далее приводится пример подбора желаемого места жительства в соответствии с выбранными пользователем критериями (табл. 1).

Как видно из табл. 1, пользователь определил для себя 5 важных критериев: общая численность населения в городе, площадь города, средняя заработная плата, климат, развитость транспортной инфраструктуры. Остальные 5 невыбранных критериев для него не важны, следовательно, при расчете они получают минимальное значение коэффициента важности соответствующего критерия. После подстановки значений для выбранных критериев и расчета оптимального места жительства в соответствии с предложенным алгоритмом, список городов, получивших максимальную итоговую оценку (показаны лучшие 5 вариантов), выглядит следующим образом (табл. 2).

#### **Заключение**

Разработанная модель интеллектуального подбора желаемого места миграции человека в соответствии с заданными критериями позволяет существенно упростить процесс планирования переезда на новое место жительства. Автоматизация процессов поиска информации позволяет без осо-

бых усилий со стороны пользователя решить проблему выбора нового места жительства с оптимальными для него условиями.

#### **Список литературы**

1. Уразаева Л.Ю., Галимов И.А. Математическое исследование некоторых аспектов миграции населения // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2014. № 3. С. 77–85.
2. Хавинсон М.Ю., Колобов А.Н. Моделирование динамики численности занятого населения в отраслях экономики: агент-ориентированный подход // Компьютерные исследования и моделирование. 2018. Т. 10. № 6. С. 919–937.
3. Krushel E., Stepanchenko I., Panfilov A., Kharitonov I., Berisheva E. Forecasting Model of Small City Depopulation Processes and Possibilities of Their Prevention. Knowledge-Based Software Engineering: Proceedings of 11th Joint Conference, JCKBSE 2014 (Volgograd, Russia, September 17-20, 2014): ed. by A. Kravets, M. Scherbakov, M. Kultsova, Tadashi Iijima: Series: Communications in Computer and Information Science; Vol. 466. Volgograd State Technical University [etc.]. Springer International Publishing, 2014. P. 446–456.
4. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Моделирование демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода // Федерализм. 2014. № 4 (76). С. 37–46.
5. Шабашев В.А., Шорохов С.И., Верховина М.Ф., Челомбитко А.Н. Экономические, социальные и демографические факторы миграционной привлекательности российских регионов // Региональная экономика: теория и практика. 2017. Т. 15. № 2 (437). С. 391–404.
6. Ларина Т.Н., Кибатаева А.Н. Статистический анализ факторов улучшения жилищных условий населения городской и сельской местности Оренбургской области // Статистика и экономика. 2018. Т. 15. № 3. С. 40–49.

УДК 004.8:519.86/.87

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОСТЕЙШЕГО ВОСПИТАНИЯ РОБОТОВ, РЕАГИРУЮЩИХ НА ЗВУКОВЫЕ СТИМУЛЫ

Пенский О.Г., Шестаков Е.С.

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,  
Пермь, e-mail: ogpensky@mail.ru

Выдвинуто предположение о том, что эмоциональное воспитание робота может быть вычислено с помощью звукового сигнала, на него воздействующего и являющегося стимулом для эмоций робота. За основу предлагаемых математических моделей взяты известные соотношения, определяющие эмоциональное воспитание робота. В предлагаемых моделях эмоциональное воспитание робота заменено интегральной суммой эмоций, которые возникают у робота при воздействии на него звуковым сигналом. Значение эмоции в данном случае зависит от величины амплитуды звукового сигнала. Соотношения эмоционального воспитания робота, выраженные таким образом, адаптированы для расчета простейшего эмоционального воспитания робота. Целью работы является разработка математической модели аппроксимации реального воспитания, рассчитанного на основе амплитуды звукового сигнала, воздействующего на робота, с помощью простейшего эмоционального воспитания и определение его параметров: коэффициента памяти, элементарного воспитания и предельного воспитания. Описана компьютерная программа, которая позволяет записать аудиофайл. Из записанного аудиофайла определяется амплитуда звукового сигнала, воздействующего на робота, на основе полученной амплитуды рассчитывается эмоциональное воспитание робота, строится его график. Также программа вычисляет элементарное воспитание, коэффициент памяти и предельное воспитание простейшего воспитания роботов.

**Ключевые слова:** робот, воспитание, коэффициенты памяти, амплитуда звукового сигнала, математическая модель, психология роботов

## A MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF THE SIMPLE EDUCATION OF ROBOTS, CALCULATED WITH THE AMPLITUDE OF THE SOUND SIGNAL

Penskiy O.G., Shestakov E.S.

Perm State University, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru

It has been suggested that the emotional education of a robot can be calculated using an audio signal that acts on it and is a stimulus for the robot's emotions. The proposed mathematical models are based on the well-known relationships that determine the emotional education of the robot. In the proposed models, the emotional education of the robot is replaced by the integral sum of the emotions that arise in the robot when exposed to a sound signal. The meaning of emotion in this case depends on the amplitude of the sound signal. The ratios of the emotional education of the robot, expressed in this way, are adapted to calculate the simplest emotional education of the robot. The goal of the work is to develop a mathematical model for approximating real education, calculated on the basis of the amplitude of the sound signal affecting the robot, using the simplest emotional education and determining its parameters: memory coefficient, elementary education, and ultimate education. A computer program is described that allows you to record an audio file. From the recorded audio file, the amplitude of the sound signal affecting the robot is determined, on the basis of the obtained amplitude, the emotional education of the work is calculated, and its schedule is built. The program also calculates elementary education, memory coefficient and ultimate education of the simplest education of robots.

**Keywords:** robot, education, memory coefficients, amplitude of the sound signal, mathematical model, psychology of robots

Пусть психологическое поведение роботов является ответной реакцией на стимул – звуковой сигнал, поступающий в приемные устройства робота. В таком случае можно разработать математическую модель расчета эмоционального воспитания робота, которая будет зависеть от амплитуды звукового сигнала, который воздействует на робота.

Любая функция, которая удовлетворяет требованиям, описанным в работе [1], является эмоцией робота, то есть функция

$$M(t) = A \sin\left(\frac{\pi}{T_0 - t_0}(t - t_0)\right), \quad (1)$$

где  $M(t)$  – эмоции робота в момент времени  $t$ ,  $T_0$  – верхняя граница интервала, на котором

вычисляется эмоция робота,  $t_0$  – нижняя граница интервала, на котором вычисляется эмоция робота,  $A$  – амплитуда звукового сигнала, воздействующего на робота; также моделирует эмоцию робота. Тогда эмоциональное воспитание робота на  $i$ -м такте может быть представлено в виде формулы

$$R_i = \int_{t_{i-1}}^{t_i} A_i \sin\left(\frac{\pi}{t_i - t_{i-1}}(t - t_{i-1})\right) dt = A_i \frac{2\pi}{t_i - t_{i-1}}, \quad (2)$$

где  $i$  – порядковый номер воспитательного такта [2],  $t_{i-1}$  – начало  $i$  такта,  $t_i$  – конец  $i$  такта

та,  $A_i$  – среднее значение амплитуды звукового сигнала, измеренное в течение такта  $i$ .

Предположим, что длина такта постоянна и обозначим ее  $\beta = t_i - t_{i-1} = \text{const}$ , тогда

$$R_i = A_i \frac{2\pi}{\beta}. \quad (3)$$

Математическая модель непрерывного эмоционального воспитания роботов с неабсолютной памятью, приведенная в работе [1], может быть преобразована следующим образом:

$$A_i \frac{2\pi}{\beta} = r_i + \theta_i A_{i-1} \frac{2\pi}{\beta}, \quad (4)$$

где  $i$  – порядковый номер воспитательно-го такта [2],  $r_i$  – элементарное воспитание робота, полученное им в конце такта  $i$ ,  $A_i \frac{2\pi}{\beta}$  – суммарное воспитание, полученное роботом в конце такта  $i$ ,  $\theta_i$  – коэффициент памяти для такта  $i$ ,  $0 < \theta_i \leq 1 - \delta$ ,  $0 < \delta = \text{const} < 1$ .

Будем полагать, что

$$r_i = q = \text{const}, \quad \theta_i = \theta = \text{const}, \quad (5)$$

тогда равенство (4) можно записать в виде

$$A_i \frac{2\pi}{\beta} = q + \theta A_{i-1} \frac{2\pi}{\beta}. \quad (6)$$

Равенство (6) назовем математической моделью простейшего воспитания робота, выраженного через амплитуду звукового сигнала.

В работе [3] вводится понятие фиктивного такта, которое обозначает временные перерывы между воспитаниями. Для фиктивных тактов справедливо равенство  $r_i = 0$ , тогда формула (4) преобразуется в равенство

$$A_i = \theta_i A_{i-1}, \quad (7)$$

которое при условиях (5) примет вид

$$A_i = \theta A_{i-1}. \quad (8)$$

Так как амплитуда звукового сигнала – это положительное значение, то  $A_i > 0$ , таким образом, фиктивным тактом можно считать такт, для которого справедливо неравенство

$$A_i < A_{i-1}. \quad (9)$$

В работах [4, 5] и других приведены результаты многочисленных исследований психологического поведения роботов на основе моделей простейшего воспитания, которые лежат в основе уравнений (6) и (8).

В силу того, что на практике при создании психологического аналога человека соотношения (5) справедливыми не являются, требуется аппроксимировать реальный воспитательный процесс, описанный уравнениями (4) и (7), используя модели простейшего воспитания (6) и (8).

Целью исследования является разработка математической модели аппроксимации реального воспитания, рассчитанного на основе амплитуды звукового сигнала, воздействующего на робота, с помощью простейшего эмоционального воспитания, а также реализация компьютерной программы для определения его параметров: коэффициента памяти –  $\theta$ , элементарного воспитания –  $q$  и предельного воспитания.

#### Математическая модель

Пусть имеются численные значения эмоционального воспитания, выраженные через амплитуду звукового сигнала  $A_i \frac{2\pi}{\beta}$ , где  $i$  определяет порядковый номер такта воспитания.

Тогда для вычисления коэффициентов памяти  $\theta$  только при фиктивных тактах необходимо решить задачу по определению безусловного экстремума функции  $I(\theta)$ :

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^n \left( A_i \frac{2\pi}{\beta} - \theta A_{i-1} \frac{2\pi}{\beta} \right)^2,$$

где  $n$  – количество выполненных измерений.

Решая уравнение  $\frac{dI(\theta)}{d(\theta)} = 0$ , получим следующее соотношение для вычисления коэффициента памяти  $\theta$ :

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n A_i A_{i-1}}{\sum_{i=1}^n A_{i-1}^2}. \quad (10)$$

Предположим, что во время экспериментальных измерений были как такты, так и фиктивные такты.

Запишем функцию  $J(\theta, q)$  в следующем виде:

$$J(\theta, q) = \sum_{i=1}^n \begin{cases} (A_i - q - \theta A_{i-1})^2, & A_i > A_{i-1} \\ (A_i - \theta A_{i-1})^3, & A_i < A_{i-1} \end{cases}.$$

Очевидно, что для аппроксимации простейшим воспитательным процессом воспитания, являющегося амплитудой звукового сигнала, нужно решить следующую задачу – найти

$$\min_{\theta, q} J(\theta, q). \quad (11)$$

Вычисляя первые производные функции  $J(\theta, q)$  по переменным  $\theta$  и

$$J(\theta, q) = \sum_{i=1}^n \begin{cases} A_{i-1}A_i - qA_{i-1} - \theta A_{i-1}^2, & A_i > A_{i-1} \\ A_{i-1}A_i - \theta A_{i-1}^2, & A_i < A_{i-1} \end{cases} = 0, \quad (12)$$

$$J(\theta, q) = \sum_{i=1}^n \begin{cases} A_i - q - \theta A_{i-1}, & A_i > A_{i-1} \\ 0, & A_i < A_{i-1} \end{cases} = 0. \quad (13)$$

Легко показать, что система уравнений (12)–(13) эквивалентна следующей системе:

$$q \sum_{q \in \Omega} A_{i-1} + \theta \sum_{i=1}^n A_{i-1}^2 = \sum_{i=1}^n A_{i-1}A_i, \quad (14)$$

$$qn_+ + \theta \sum_{q \in \Omega} A_{i-1} = \sum_{q \in \Omega} A_i, \quad (15)$$

где  $\Omega$  – множество тех номеров  $i$ , для которых справедливо неравенство  $A_i > A_{i-1}$ ,  $n_+$  – количество элементов в множестве  $\Omega$ .

Решая систему уравнений (14)–(15), получим соотношения для искомым величин  $\theta$  и  $q$ :

$$\theta = \frac{\sum_{q \in \Omega} A_{i-1} \sum_{q \in \Omega} A_i - n_+ \sum_{i=1}^n A_{i-1}A_i}{\left(\sum_{q \in \Omega} A_{i-1}\right)^2 - n_+ \sum_{i=1}^n A_{i-1}^2}, \quad (16)$$

$$q = \frac{\sum_{q \in \Omega} A_{i-1} \sum_{i=1}^n A_{i-1}A_i - \sum_{i=1}^n A_{i-1}^2 \sum_{q \in \Omega} A_i}{\left(\sum_{q \in \Omega} A_{i-1}\right)^2 - n_+ \sum_{i=1}^n A_{i-1}^2}. \quad (17)$$

Заметим, что система уравнений (16)–(17) позволяет найти решения  $\theta$  и  $q$  только в том случае, когда множество  $\Omega$  не пусто, в противном случае простейшее воспитание описывается только коэффициентом памяти  $\theta$ , который удовлетворяет равенству (10).

#### *Программная реализация модели*

Для определения параметров простейшего воспитания  $\theta$  и  $q$ , а также предельного воспитания, аппроксимирующего реальное воспитание, которое рассчитывается с помощью звукового сигнала, было разработано настольное приложение на языке Java.

Разработанная компьютерная программа позволяет записать аудиофайл в формате wav с помощью обычного микрофона либо подключенного к компьютеру, либо встроенного в компьютер. Также программа на основе амплитуды звукового сигнала, извлеченной из записанного аудиофайла, рассчитывает эмоциональное воспитание работа и выводит на экран график зависимости эмоционального воспитания от времени. Интервал, через который производится расчет эмоционального воспитания, задается пользователем приложения. Когда

весь файл проанализирован и все значения эмоционального воспитания рассчитаны, то вычисляются требуемые параметры простейшего обучения: коэффициент памяти, элементарное воспитание и предельное воспитание.

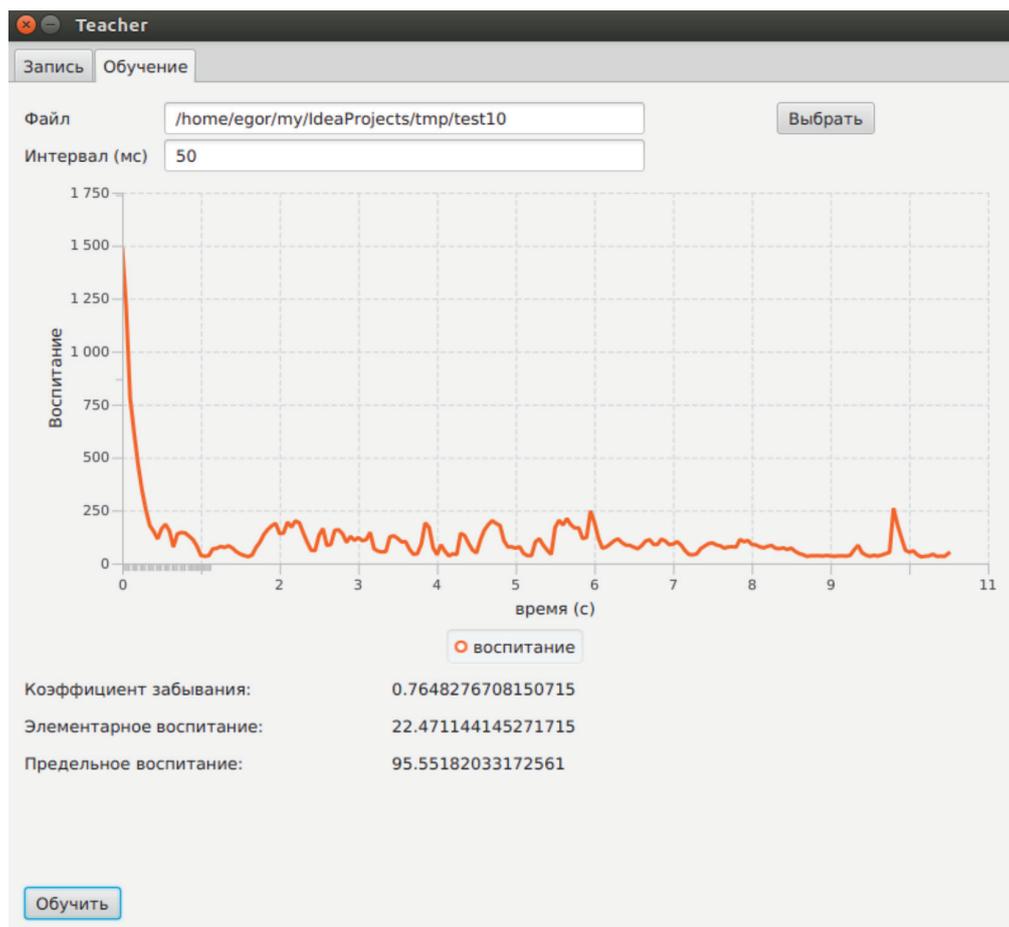
Когда пользователь запускает приложение, он попадает на форму «Запись». На этой форме пользователь может записать аудиофайл, который будет использован для расчета параметров простейшего воспитания. Чтобы начать аудиозапись, пользователь должен выполнить следующую последовательность действий:

1) нажать кнопку «Выбрать», после этого откроется окно, в котором необходимо выбрать каталог, в который будет сохранен аудиофайл;

2) ввести название файла в поле «Файл»;

3) нажать кнопку «Старт», после этого появится надпись «Запись...», указывающая на то, что процесс записи успешно.

Чтобы остановить запись, пользователю необходимо нажать кнопку «Стоп». Аудиофайл будет сохранен по пути, указанному в поле «Директория», с названием из поля «Файл».



*Форма расчета параметров*

После этого пользователь может перейти на форму «Обучение», изображенную на рисунке.

Для расчета параметров простейшего воспитания пользователю необходимо:

- 1) нажать кнопку «Выбрать», после этого откроется окно, в котором необходимо выбрать аудиофайл формата wav;
- 2) ввести интервала дискретизации такта в миллисекундах;
- 3) нажать кнопку «Обучить».

Программа разбивает файл на интервалы указанной длины, определяет среднюю амплитуду звукового сигнала на каждом интервале и, используя ее, рассчитывает элементарное воспитание  $q$  и коэффициент памяти  $\theta$  для простейшего воспитания. На рисунке изображен график зависимости эмоционального воспитания робота, рассчитанного с помощью амплитуды звукового сигнала, от времени. Видно, что на протяжении 10 с было воздействие звуковым сигналом с различной громкостью. Коэффициент памяти эмоционального робота,

реагирующего на данный звуковой сигнал, равен примерно 0.765, то есть эмоциональный робот с каждым тактом будет забывать четверть полученной им информации, при этом его воспитание с каждым тактом воспитания увеличивается на 22.471. Предельное воспитание для смоделированного эмоционального робота составляет 95.552.

*Обоснование выбора языка программирования*

В качестве языка программирования был выбран Java, так как он обладает следующими преимуществами:

- 1) кроссплатформенность. Программа может быть скомпилирована под различные платформы (Linux, Windows);
- 2) наличие API для работы со звуком;
- 3) наличие инструментов для создания интерфейса десктопного приложения;
- 4) наличие полной документации и развитого сообщества разработчиков;
- 5) относительная простота разработки;
- 6) наличие удобной среды разработки.

### Заключение

Таким образом, в настоящей статье приведена математическая модель расчета эмоционального воспитания робота на основе воздействующего на него звукового сигнала. Приведены соотношения для расчета элементарного воспитания, коэффициента памяти и предельного воспитания на основе реального воспитания робота, рассчитанного с помощью амплитуды звукового сигнала. Описана компьютерная программа, которая на основе звукового сигнала рассчитывает эмоциональное воспитание робота, строит его зависимость от времени, выводит эту зависимость на экран в виде графика и рассчитывает параметры простейшего воспитания: элементарное воспитание, коэффициент памяти и предельное воспитание.

### Список литературы

1. Черников К.В. Математические модели роботов с неабсолютной памятью: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Пермь, 2013. 138 с.
2. Шарапов Ю.А. Математическое моделирование процесса накопления роботом опыта на нескольких уровнях с учетом смены знака информационной установки // Фундаментальные и прикладные проблемы механики, математики, информатики: материалы Всероссийской науч.-практ. конференции с междунар. участием (г. Пермь, 26–28 мая 2015 г.) / Гл. ред. А.П. Шкарапута; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Электрон. дан. Пермь, 2015. С. 233–238.
3. Пенский О.Г., Шарапов Ю.А., Ощепкова Н.В. Математические модели роботов с неабсолютной памятью и приложения моделей: монография. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2018. 309 с.
4. Шарапов Ю.А. Математические модели эмоциональных роботов, способных забывать информацию: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2019. 161 с.
5. ЭЛСИС. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.elsys.ru/> (дата обращения: 12.10.2020).
6. Элементарная теория погрешностей. [Электронный ресурс]. URL: <http://nashaucheba.ru> (дата обращения: 12.10.2020).

УДК 519.6

## КУСОЧНАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ, ПРОИЗВОДНЫХ И ИНТЕГРАЛОВ С ПРИЛОЖЕНИЕМ К РЕШЕНИЮ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Ромм Я.Е., Джанунц Г.А.

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

Кусочно-интерполяционное приближение функций одной вещественной переменной, производных и интегралов строится с помощью интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона. Полиномы преобразуются к виду алгебраических полиномов с числовыми коэффициентами с помощью восстановления коэффициентов полинома по его корням. Применяются формулы, отличные от формул Виета и не использующие уравнения Ньютона для симметрических функций корней. Представлены примеры и программы вычисления функций с точностью до  $10^{-19}$ – $10^{-20}$ . Для повторяющихся функций соответственные подынтервалами коэффициенты записываются в память компьютера. В этом случае временная сложность вычисления функции составит  $T = O(n)$ , где  $n$  – степень полинома, в частности  $n$  может быть достаточно малым натуральным числом. На данной основе строится приближение подынтегральных функций. Получены формулы приближенного вычисления интеграла, являющиеся аналогами подхода Ньютона – Котеса. Формулы реализованы и запрограммированы для произвольного  $n$ . В полученном виде полиномы интерполируют правые части обыкновенных дифференциальных уравнений, выражение первообразных используется для приближения решения. Выполняется итерационное уточнение. Дано доказательство сходимости метода, указаны оценки скорости сходимости. Для верификации достоверности результатов приведены программы, использованные в численных экспериментах. Представлены оценки погрешности, результаты численного эксперимента для жестких и нежестких задач в моделях физических, химических процессов, для задач планетной астрономии. Во всех экспериментально рассмотренных случаях предложенный метод обладает сравнительно малой погрешностью, отличаясь фиксированной границей накопления погрешности на большом промежутке решения.

**Ключевые слова:** кусочная интерполяция функций, вычисление производных и интегралов, задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений, численное моделирование жестких и нежестких задач

## PIECEWISE INTERPOLATION OF FUNCTIONS, DERIVATIVES AND INTEGRALS WITH APPLICATION TO THE SOLUTION OF ORDINARY DIFFERENTIAL EQUATIONS

Romm Ya.E., Dzhanunts G.A.

Taganrog Branch of the Rostov State University of Economics, Taganrog,  
e-mail: romm@list.ru, janunts@inbox.ru

Piecewise interpolation approximation of functions of one real variable, derivatives and integrals is constructed with the help of Lagrange and Newton interpolation polynomials. The polynomials are transformed to the form of algebraic polynomials with numerical coefficients by restoring the coefficients of the polynomial from its roots. Formulas different from Vieta's formulas are applied without Newton's equations for symmetric functions of the roots. Examples and programs for calculating functions with an accuracy of  $10^{-19}$  –  $10^{-20}$  are presented. For repeated functions, the coefficients corresponding to the subintervals are recorded in the computer's memory. In this case, the time complexity of the function calculation will be  $T = O(n)$ , where  $n$  is the degree of the polynomial, in particular,  $n$  can be a sufficiently small natural number. On this basis, the approximation of integrands is constructed. Formulas for the approximate calculation of the integral, which are analogs of the Newton-Cotes approach, are obtained. Formulas are implemented and programmed for arbitrary  $n$ . In the resulting form, the polynomials interpolate the right-hand sides of ordinary differential equations, the expression of the antiderivatives is used to approximate the solution. Iterative refinement is performed. Both the proof for the convergence of the method and estimates of the convergence rate are given. To verify the reliability of the results, the programs used in numerical experiments are presented. Error estimates, results of the numerical experiment for stiff and non-stiff problems in models of physical and chemical processes, and for problems of planetary astronomy are presented. In all the experimentally considered cases, the proposed method has a relatively small error, differing in a fixed limit of error accumulation over a large solution interval.

**Keywords:** piecewise interpolation of functions, calculation of derivatives and integrals, Cauchy problem for ordinary differential equations, numerical modeling of stiff and non-stiff problems

### Введение и постановка вопроса

В работе рассматривается кусочно-интерполяционное приближение функций одной вещественной переменной с помощью интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона. Полиномы преобразуются к виду алгебраических полиномов с числовыми коэффициентами путем восстановления коэффициентов полинома по его корням. Применяются формулы, отличные

от формул Виета [1] и не использующие уравнения Ньютона для симметрических функций корней [1, 2]. От конструируемого метода требуется инвариантность относительно вида функции и диапазона независимой переменной при условии достижения высокой точности приближения и одновременно малой временной сложности. На этой основе метод применяется для приближения производных и первообразных. Кусочно-полиномиальное приближение

первообразной используется для построения квадратурных формул, представляющих собой аналог подхода Ньютона – Котеса [3]. Формулы реализованы аналитически и программно для произвольной степени полинома, интерполирующего подынтегральную функцию, что позволяет достигать сравнительно высокой точности вычисления интеграла. Приближенное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) строится на основе интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона, аналогично преобразованных к виду алгебраических полиномов с числовыми коэффициентами. С помощью преобразованных полиномов приближаются правые части каждого уравнения системы ОДУ. Первообразная от полинома с соответственным значением константы – координата приближенного решения, подставляется в функцию правой части. Процесс итерационно повторяется, в результате решение приближается со сравнительно высокой точностью. Метод реализуется совместно с кусочной интерполяцией. Цель сообщения – представить математическое описание метода, его алгоритмизацию и программную реализацию. Анализируется вычислительная устойчивость, границы погрешности, временная сложность для нежестких и жестких задач. Дано сравнение с методами Рунге – Кутты, Батчера и Дормана – Принса [4, 5]. Отличительное качество предложенного метода состоит в ограниченном накоплении погрешности при сохранении приемлемой трудоемкости, что востребовано в задачах

моделирования физических, химических процессов [5], в задачах планетной астрономии [6]. Описан численный эксперимент, исследуется возможность уменьшения погрешности без автоматического выбора параметров, изложенного в [7]. Вместе с упрощением метода требуется существенно снизить его трудоемкость.

Цель работы: раскрыть возможности применения алгоритма восстановления коэффициентов полинома по его корням для задач приближенного вычисления функций, производных и интегралов в рамках кусочной интерполяции. Требуется показать эффективность данного подхода для приближенного решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Основной аспект исследования заключается в достижении максимальной точности приближения, при этом указывается возможность минимизации трудоемкости метода. Цель включает математическое обоснование метода и экспериментальное подтверждение его эффективности в рассматриваемых аспектах. Для верификации достоверности приведены коды программ, использованных в численных экспериментах.

*Инвариантное восстановление коэффициентов полинома по его корням.* Приводимое непосредственно ниже преобразование является основой всех излагаемых в дальнейшем приложений. Пусть рассматривается полином  $P_n(x) = \sum_{\ell=0}^n d_{\ell} x^{\ell}$ , с коэффициентом  $d_n = 1$ , и корнями  $x_0, x_1, \dots, x_{n-1}$ , так что

$$\sum_{\ell=0}^n d_{\ell} x^{\ell} = \prod_{r=0}^{n-1} (x - x_r). \tag{1}$$

Если  $P_1(x) = x - x_0$ , то полагается  $P_1(x) = d_{11}x + d_{10}$ , где  $d_{11} = 1$ ,  $d_{10} = -x_0$ . Если уже вычислены коэффициенты полинома  $P_{k-1}(x) = d_{(k-1)(k-1)}x^{k-1} + d_{(k-1)(k-2)}x^{k-2} + \dots + d_{(k-1)1}x + d_{(k-1)0}$ ,  $k \geq 2$  то  $P_k(x) = \prod_{r=0}^{k-1} (x - x_r)$  и  $P_k(x) = P_{k-1}(x) \cdot (x - x_{k-1})$ . Приравнивание коэффициентов при одинаковых степенях влечет

$$\left. \begin{aligned} d_{kk} &= d_{(k-1)(k-1)}, \\ d_{k(k-1)} &= d_{(k-1)(k-2)} - d_{(k-1)(k-1)}x_{k-1}, \\ d_{k(k-2)} &= d_{(k-1)(k-3)} - d_{(k-1)(k-2)}x_{k-1}, \\ &\dots \\ d_{k(k-\ell)} &= d_{(k-1)(k-\ell-1)} - d_{(k-1)(k-\ell)}x_{k-1}, \\ &\dots \\ d_{k0} &= -d_{(k-1)0} x_{k-1}. \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

Здесь  $\ell = 1, 2, \dots, k-1$ . При  $k = n$  левые части (2) совпадут с искомыми значениями коэффициентов полинома (1). Алгоритм сохраняется для комплексных корней и коэффициентов, программируется в виде двойного цикла [8]. В матричной форме (2) можно записать в виде

$$\begin{pmatrix} d_{kk} \\ d_{k(k-1)} \\ d_{k(k-2)} \\ \vdots \\ d_{k1} \\ d_{k0} \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -x_{k-1} & 1 & 0 \\ 0 & -x_{k-1} & 1 \\ \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}}_k \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ -x_{k-1} & 1 \\ \dots & 0 \\ & -x_{k-1} \end{matrix} \times \begin{pmatrix} d_{(k-1)(k-1)} \\ d_{(k-1)(k-2)} \\ \vdots \\ d_{(k-1)1} \\ d_{(k-1)0} \end{pmatrix}.$$

При  $k = n$  выражаются коэффициенты полинома через все его  $n$  корней:

$$\begin{pmatrix} d_n \\ d_{n-1} \\ \vdots \\ d_0 \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -x_{n-1} & 1 \\ 0 & -x_{n-1} \\ \dots & \dots \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}}_n \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ -x_{n-1} & 1 \\ \dots & 0 \\ & -x_{n-1} \end{matrix} \times \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -x_{n-2} & 1 \\ 0 & -x_{n-2} \\ \dots & \dots \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}}_{n-1} \begin{matrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ -x_{n-2} & 1 \\ \dots & 0 \\ & -x_{n-2} \end{matrix} \times \dots \times \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -x_1 & 1 \\ 0 & -x_1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 \\ -x_0 \end{pmatrix},$$

или,

$$\begin{pmatrix} d_n \\ d_{n-1} \\ \dots \\ d_0 \end{pmatrix} = \prod_{\ell=1}^n \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -x_{n-\ell} & 1 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & -x_{n-\ell} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & -x_{n-\ell} & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & -x_{n-\ell} \end{pmatrix}}_{n-\ell+1},$$

Соотношения (2) применяются для преобразования интерполяционных полиномов. Для интерполяции функции  $y = f(x)$ ,  $x \in [a, b]$ , полином Лагранжа можно записать в виде

$$P_n(x) = \sum_{j=0}^n f(x_j) \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (x - x_r) / \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (x_j - x_r), \quad (3)$$

где  $x_r$  – узлы интерполяции. Можно вычислить  $c_j = \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (x_j - x_r)$  и  $b_j = f(x_j)c_j^{-1}$ ,

$j=0, 1, \dots, n$ , тогда  $P_n(x) = \sum_{j=0}^n b_j \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (x - x_r)$ . Если при каждом  $j=0, 1, \dots, n$  по схеме (2)

найти коэффициенты полинома  $P_{nj}(x) = \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (x - x_r)$ ,  $P_{nj}(x) = d_{0j} + d_{1j}x + d_{2j}x^2 + \dots + d_{nj}x^n$ ,  
 то  $P_n(x) = \sum_{j=0}^n b_j \sum_{\ell=0}^n d_{\ell j} x^\ell = \sum_{\ell=0}^n \sum_{j=0}^n b_j d_{\ell j} x^\ell$ . Отсюда  $P_n(x) = \sum_{\ell=0}^n d_\ell x^\ell$ , где  $d_\ell = \sum_{j=0}^n b_j d_{\ell j}$ . Такое

преобразование полинома Лагранжа инвариантно относительно степени полинома и вида функции, программируется в общем случае. Вместе с тем, на основании численного эксперимента, компьютерная реализация дает меньшую погрешность в случае равноотстоящих узлов.

*Преобразование полинома Лагранжа с равноотстоящими узлами интерполяции.* Пусть на отрезке  $x \in [a, b]$  взяты равноотстоящие узлы для полинома (3):

$$x_i \in [a, b], i \in \overline{0, n}, x_{i+1} - x_i = h, i \in \overline{0, n-1}, h = (b - a)n^{-1}.$$

В этом случае  $x_j = x_0 + jh$ ,  $x_r = x_0 + rh$ ,  $x_0 = a$ ,  $x_n = b$ . Отсюда  $\prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (x_j - x_r) = \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (j - r)h$ ,

$$P_n(x) = \sum_{j=0}^n f(x_j) \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (x - x_r) / (j - r)h^{-1}.$$

Вводится переменная  $t = (x - x_0)h^{-1}$ . Тогда  $(x - x_1)h^{-1} = t - 1, \dots, (x - x_r)h^{-1} = t - r, r \in \overline{0, n}$  и

$$P_n(x) = \sum_{j=0}^n f(x_j) \prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (t - r) / (j - r), t = (x - x_0)h^{-1}. \tag{4}$$

Аналогичное преобразование дано в [3]. Отличие составит перевод числителей из (4) в форму полиномов с целочисленными коэффициентами. В результате станет возможным аналитическое выражение первообразных, производных и организация итераций в правых

частях ОДУ. Пусть числитель дроби  $\prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (t - r) / (j - r)$  записан в виде

$$P_{nj}(t) = \prod_{r=0}^{n-1} (t - t_r), \tag{5}$$

где роль корней полинома играют последовательные натуральные числа, среди которых пропускается  $j$ :  $t_r = \begin{cases} r, & r < j; \\ r + 1, & r \geq j. \end{cases}$  По схеме (2) получится

$$P_{nj}(t) = d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \dots + d_{nj}t^n. \tag{6}$$

Коэффициенты полинома (6) будут целыми числами. Они могут быть априори вычислены и храниться в памяти компьютера как константы, не зависящие от интерполируемой функции, от диапазона и расположения её аргумента, причем это можно сделать для любого  $j$  и для всех степеней полинома  $n$  в априори заданных границах. Знаменатель в (4) отличается от числителя тем, что в нем  $t = j$ . В результате

$$P_n(x) = \sum_{j=0}^n f(x_j) (d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \dots + d_{nj}t^n) / (d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \dots + d_{nj}j^n), \tag{7}$$

где  $t = (x - x_0)h^{-1}$ . Числитель и знаменатель в (7) удобно вычислять по схеме Горнера

$$P_{nj}(t) = d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \dots + d_{nj}t^n = (\dots(d_{nj} \times t + d_{n-1j}) \times t + d_{n-2j}) \times t + \dots + d_{1j}) \times t + d_{0j}.$$

В этих обозначениях

$$P_n(t) = \sum_{j=0}^n f(x_j) P_{nj}(t) / P_{nj}(j), \quad t = (x - x_0)h^{-1}. \quad (8)$$

Если собрать коэффициенты при равных степенях слагаемых, то

$$P_n(t) = \sum_{\ell=0}^n D_\ell t^\ell, \quad t = (x - x_0)h^{-1}, \quad (9)$$

где  $D_\ell$  – результат приведения подобных. В дальнейшем приближение  $f(x) \approx P_n(t)$  выполняется с использованием (8) и (9), что влечет две разновидности приближения производных:

$$f'(x) \approx P'_n(x) = h^{-1} \sum_{j=0}^n f(x_j) (d_{1j} + 2d_{2j}t + \dots + (n-1)d_{nj}t^{n-1}) / (d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \dots + d_{nj}j^n), \quad (10)$$

$$f'(x) \approx P'_n(x) = h^{-1} P'_n(t) = h^{-1} \sum_{\ell=1}^n \ell D_\ell t^{\ell-1}, \quad (11)$$

$t$  из (9). На практике (10) несколько точнее (11).

*Кусочная интерполяция.* Если (8)–(11) применяются на малых подынтервалах с общими границами разбиения

$$[a, b] = \bigcup_{i=0}^{p-1} [a_i, b_i], \quad b_i - a_i = (b - a)p^{-1}, \quad (12)$$

то точность приближения возрастет: функция и интеграл будут приближаться с точностью до  $10^{-19}$ – $10^{-20}$ , производная – с точностью  $10^{-16}$ – $10^{-15}$  (Delphi, формат extended). Ниже предполагается, если не оговорено иное, что  $p = 2^k$ ,  $k$  – натуральное. Видоизменения (8), (9) формально совпадают между собой и с полиномом (3) при условии, что на одном и том же отрезке узлы одинаковы, одинаковы степени полиномов и интерполируется одна и та же функция. В этих же условиях все три полинома совпадают с интерполяционным полиномом Ньютона [3]. Для последнего в этом случае  $\forall k \geq 0$  справедливо соотношение [7]:

$$[a, b] = \bigcup_{i=0}^{2^k-1} [a_i, b_i], \quad |f(x) - \Psi_{in}(t)| \leq c 2^{-k(n+1)} h^{n+1} \quad \forall i = \overline{0, 2^k - 1}, \quad \forall x \in [a_i, b_i], \quad (13)$$

где предполагается, что  $f(x)$  определена и непрерывно дифференцируема на  $[a, b]$   $n + 1$  раз. Здесь  $\Psi_{in}(t)$  – интерполяционный полином Ньютона для интерполирования вперед на подынтервале  $[a_i, b_i]$ ,  $t = (x - a_i)h_i^{-1}$ ,  $h_i$  – шаг интерполяции на  $[a_i, b_i]$ ,  $h$  – шаг интерполяции полинома  $\Psi_{0n}(t)$  на  $[a, b]$  (при  $k = 0$ ), поэтому  $h = (b - a)n^{-1}$ ,  $c = \max_{[a, b]} \max_{1 \leq n \leq n_0} |f^{(n+1)}(x)|$ ,  $n_0 = \text{const}$ ,  $c = \text{const}$ .

При каждом  $i$  из (13) рассматриваемый интерполяционный полином Ньютона имеет вид

$$\Psi_{in}(t) = f(x_{i0}) + \sum_{j=1}^n \frac{\Delta^j f_{i0}}{j!} \prod_{r=0}^{j-1} (t - r), \quad t = (x - a_i)h_i^{-1}, \quad (14)$$

где узлы интерполяции  $x_{ij} \in [a_i, b_i]$ ,  $j = \overline{0, n}$ ,  $x_{i(j+1)} - x_{ij} = h_i$ ,  $h_i = (b_i - a_i)n^{-1}$ ,  $j = \overline{0, n-1}$ ,  $\Delta^j f_{i0}$  – конечная разность  $j$ -го порядка в узле  $x_{i0} = a_i$ ,  $i = \overline{0, p-1}$ ,  $p$  из (12),  $p = 2^k$ . Согласно (13) последовательность полиномов  $\Psi_{in}(t)$  равномерно сходится к  $f(x)$  на  $[a, b]$ , если  $k \rightarrow \infty$ . Эти утверждения и (13) сохраняются для всех рассматриваемых видоизменений интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона. В частности,

$$[a, b] = \bigcup_{i=0}^{2^k-1} [a_i, b_i], \quad |f(x) - P_{in}(t)| \leq c 2^{-k(n+1)} h^{n+1} \quad \forall i = \overline{0, 2^k - 1}, \quad \forall x \in [a_i, b_i], \quad (15)$$

где  $P_{in}(t)$  – полином Лагранжа вида (8), построенный на подынтервале  $[a_i, b_i]$ ,  $t = (x - a_i)h_i^{-1}$ ,  $h_i = (b_i - a_i)n^{-1}$  – шаг интерполяции на  $[a_i, b_i]$ ,  $h = (b - a)n^{-1}$ . В рассматриваемом случае

$$P_{in}(t) = \sum_{j=0}^n f(x_{ij}) P_{nj}(t) / P_{nj}(j), \quad x \in [a_i, b_i], \quad t = (x - a_i)h_i^{-1}. \quad (16)$$

Аналогично, полином (8) на каждом подынтервале будет иметь вид

$$P_{in}(t) = \sum_{\ell=0}^n D_{i\ell} t^\ell, \quad x \in [a_i, b_i], \quad t = (x - a_i)h_i^{-1}. \quad (17)$$

Полином Ньютона (14) на каждом подынтервале также можно преобразовать к виду алгебраического полинома с числовыми коэффициентами. Для этого каждый полином

$$\Psi_j(t) = \prod_{r=0}^{j-1} (t - r) \quad \text{из (14) преобразуется в полином с целочисленными коэффициентами.}$$

Если положить  $t_r = r, r \leq j - 1$ , по схеме (2) получится

$$\Psi_j(t) = \tilde{d}_{0j} + \tilde{d}_{1j}t + \tilde{d}_{2j}t^2 + \dots + \tilde{d}_{jj}t^j,$$

где коэффициенты – целые числа. Почленное умножение таких полиномов на  $\frac{\Delta^j f_{i0}}{j!}$  в (14) повлечет развернутую форму полинома Ньютона,

$$\Psi_{in}(t) = f(x_{i0}) + \sum_{j=1}^n (c_{0j} + c_{1j}t + c_{2j}t^2 + \dots + c_{jj}t^j), \quad x \in [a_i, b_i], \quad t = (x - a_i)h_i^{-1}, \quad (18)$$

с вещественными коэффициентами. Если привести подобные в (18), то полином Ньютона примет вид

$$\Psi_{in}(t) = \sum_{j=0}^n C_{ij}t^j, \quad x \in [a_i, b_i], \quad t = (x - a_i)h_i^{-1}. \quad (19)$$

*Программная реализация и результаты вычислений.* Сопоставляется применение полиномов Лагранжа и Ньютона в рамках кусочной интерполяции.

**Пример 1.** На отрезке  $[0, 1]$  выполняется кусочная интерполяция функции  $f(x) = e^{-\cos x}$ . Длина подынтервала  $[a_i, b_i]$  из (12) равна 0.00000001, в программной записи – hh=0.00000001. Абсолютная погрешность на выходе программы определяется как разность машинной реализации функции  $f := \exp(-\cos(x))$  и приближения полиномом Лагранжа на текущем подынтервале. Полином Лагранжа степени  $n = 2$  в каждой проверочной точке сначала берется в форме (17), затем в форме (16). Такими парами выводятся результаты работы программы.

```

program LagVarSigmaCiklSvertka7777777;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
const nn=25; hh=0.00000001; tt=10000000;
type vec=array[0..nn] of extended;vec0=array[0..nn,0..nn] of extended; xx,dn: vec; z,d: vec0;
var n,i,j,k,l: integer; kk,rr: longint; a, aa, b, bb, h, h1, x, s, s1, sk, bj,t: extended;
function f(x: extended): extended;
begin f:=exp(-cos(x)); end;
procedure ro(var n, j:integer; var z,d:vec0);
var e:vec0;
begin
e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k :=2 to n do
begin
e[k,k]:=e[k-1,k-1]; for l :=1 to k-1 do e[k,k-l]:=e[k-1,k-l]-e[k-1,k-l]*z[j,k-l];
e[k,0]:=-e[k-1,0]*z[j,k-1];
end; for l:=n downto 0 do d[j,l]:= e[n,l];
end;
function gorner (var j:integer; var t: extended): extended;
var p:extended;
begin
p:=d[j,n]; for i:=n downto 1 do p:=p*t+d[j,i-1]; gorner:=p;
end;

```

```
function gorner1 (var j: integer): extended;
var pp:extended;
begin
pp:=d[j,n]; for i:=n downto 1 do pp:=pp*j+d[j,i-1]; gorner1:=pp;
end;
function gorner2 (var dn: vec; var t: extended): extended;
var p2:extended;
begin
p2:=dn[n]; for i:=n downto 1 do p2:=p2*t+dn[i-1]; gorner2:=p2;
end;
begin
aa:=0; bb:=1; kk:=0; rr:=0; a:=aa; b:=a+hh;
while b<=bb do
begin
n:=2; h:=(b-a)/n; h1:=h/3;
for j:=0 to n do xx[j]:=a+j*h; for j:=0 to n do for i:=0 to n-1 do
if i<j then z[j,i]:=i else z[j,i]:=i+1;
for j:=0 to n do ro( n, j, z,d);
for l:=0 to n do
begin sk:=0; for j:=0 to n do sk:=sk+f(xx[j])*d[j,l]/gorner1(j); dn[l]:=sk; end;
x:=a; while x <= b do
begin
t:=(x-xx[0])/h; s:=gorner2 (dn, t);
s1:=0; for j:=0 to n do s1:=s1+f(xx[j])*gorner(j,t)/gorner1(j);
kk:=kk+1; if kk=tt then
begin writeln; writeln (x,s,s-f(x)); writeln (x,s1,s1-f(x)); writeln; kk:=0; end;
x:=x+h1; end; rr:=rr+1; a:=aa+rr*hh;b:=a+hh; end; readln;
end.
```

Результат работы программы (в 1-й колонке – аргумент, во 2-й – интерполируемое значение функции, в 3-й – абсолютная погрешность кусочной интерполяции):

```
1.58896250000000E-0002 3.67925884259943E-0001 0.00000000000000E+0000
1.58896250000000E-0002 3.67925884259943E-0001 0.00000000000000E+0000
.....
3.23696783333333E-0002 3.68072206146556E-0001-5.42101086242752E-0020
3.23696783333333E-0002 3.68072206146556E-0001 0.00000000000000E+0000
.....
5.02012535000000E-0001 4.16188946037821E-0001-2.71050543121376E-0020
5.02012535000000E-0001 4.16188946037821E-0001 0.00000000000000E+0000
.....
5.16298250000000E-0001 4.19097136869392E-0001 0.00000000000000E+0000
5.16298250000000E-0001 4.19097136869392E-0001 0.00000000000000E+0000
.....
9.73441106666667E-0001 5.69806944079148E-0001 0.00000000000000E+0000
9.73441106666667E-0001 5.69806944079148E-0001-5.42101086242752E-0020
.....
9.87726820000000E-0001 5.76610156860310E-0001 0.00000000000000E+0000
9.87726820000000E-0001 5.76610156860310E-0001 0.00000000000000E+0000
```

Таким образом, функция полиномами Лагранжа 2-й степени приближена с точностью  $10^{-20}$ . Аналогичные результаты дает кусочная интерполяция по Ньютону. Пример взят для той же функции со всеми теми же параметрами, но степень полинома выбрана  $n = 3$ . В реализации кусочной интерполяции полином Ньютона дает большую, чем полином Лагранжа, свободу в вариации степени полинома. Полином Ньютона степени  $n = 3$  в каждой проверочной точке выводится сначала в форме (18), затем в форме (19).

```
program NewtVarSigmaSvertkaCikl99999KOEFF11;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
const nn=25;
type vec=array[0..nn] of extended;vec0=array[0..nn,0..nn] of extended;
var xx,dn: vec; dm,dy,e,z,d:vec0; ,t,s,s1,s0,p,p1,a,b,h,h1,hh,aa,bb:extended;
i,j,k,k0,r,r1,l,l1,n: integer; kk,rr,tt: longint;
function f(x:extended):extended;
begin f:=exp(-cos(x)); end;
```

```

procedure ro(var n, j:integer; var z,d:vec0);
var e:vec0;
begin
e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k0 :=2 to n do
begin
e[k0,k0]:=e[k0-1,k0-1]; for l :=1 to k0-1 do
e[k0,k0-l]:=e[k0-1,k0-l-1]-e[k0-1,k0-l]*z[j,k0-1]; e[k0,0]:=-e[k0-1,0]*z[j,k0-1];
end;
for l:=n downto 0 do d[j,l]:= e[n,l];
end;
function gorner (var k:integer; var t: extended): extended;
var p:extended;
begin
p:=d[k,k]; for i:=k downto 1 do p:=p*t+d[k,i-1]; gorner:=p;
end;
function gorner1 (var k: integer): extended;
var pp:extended;
begin
pp:=d[k,k]; for i:=k downto 1 do pp:=pp*k+d[k,i-1]; gorner1:=pp;
end;
function gorner2 (var dn: vec; var t: extended): extended;
var p2:extended;
begin
p2:=dn[n]; for i:=n downto 1 do p2:=p2*t+dn[i-1]; gorner2:=p2;
end;
begin
aa:=0{-100}{+100}; bb:=1{-100}{+100}; tt:=10000000;
n:=3; a:=aa; hh:=0.00000001; b:=aa+hh; kk:=0; rr:=0; h:=(b-a)/n; h1:=h/3{33};
for k:=1 to n do for i:=0 to k-1 do z[k,i]:=i;
While b<=bb do
begin
for j:=0 to n do xx[j]:= a + j*h; for j:= 0 to n-1 do dy[1,j]:= f(xx[j+1])- f(xx[j]);
for k:=2 to n do for j:=0 to n-k do dy[k,j]:=dy[k-1,j+1]-dy[k-1,j];
x:=a; while x<= b do
begin
t:=(x-xx[0])/h; s:= f(xx[0]); dn[0]:=f(xx[0]);
for k:=1 to n do
begin for l:=1 to k do
begin ro(k, l, z,d); dm[k,l]:=dy[k,0]*d[k,l]/gorner1(k);
end; end;
for l:=1 to n do
begin s1:=0; for k:=1 to n do s1:=s1+dm[k,l]; dn[l]:=s1; end; s0:=gorner2 (dn,t);
for k:=1 to n do
begin ro(k, k, z,d); p:= gorner (k, t)/ gorner1 (k); s:=s+p*dy[k,0]
end; kk:=kk+1;
if kk=tt then begin writeln; writeln(x,' ',s,s-f(x)); writeln(x,' ',s0,s0-f(x));writeln;kk:=0; end;
x:=x+h1 end; rr:=rr+1; a:=aa+rr*hh;b:=aa+(rr+1)*hh; end; readln;
end.

```

Результат работы программы:

```

1.074711111111111E-0002 3.67900686691208E-0001 0.000000000000000E+0000
1.074711111111111E-0002 3.67900686691208E-0001 0.000000000000000E+0000
2.181932333333333E-0002 3.67967018670187E-0001 0.000000000000000E+0000
2.181932333333333E-0002 3.67967018670187E-0001 0.000000000000000E+0000
.....
1.45657475555556E-0001 3.71795728758225E-0001 0.000000000000000E+0000
1.45657475555556E-0001 3.71795728758225E-0001-2.71050543121376E-0020
1.55657475555556E-0001 3.72354166892141E-0001 2.71050543121376E-0020
1.55657475555556E-0001 3.72354166892141E-0001 0.000000000000000E+0000
.....
9.85657475555556E-0001 5.75615636389719E-0001-5.42101086242752E-0020
9.85657475555556E-0001 5.75615636389719E-0001 0.000000000000000E+0000
9.95657475555556E-0001 5.80450177539984E-0001 5.42101086242752E-0020
9.95657475555556E-0001 5.80450177539984E-0001 5.42101086242752E-0020

```

В целом результаты аналогичны предыдущим. Следует подчеркнуть, что основной промежуток  $[a, b]$  из (12) можно сдвигать на произвольную величину (в программе закомментирован сдвиг на  $\pm 100$ ) с сохранением всех параметров программы и с той же границей погрешности. В этом специфика кусочной интерполяции: она не требует редукции аргумента к основному промежутку. Это относится и к интерполяции по Ньютону, и к интерполяции по Лагранжу.

**Пример 2.** Обе программы из примера 1 преобразованы так, что по ним непосредственно вычисляются коэффициенты интерполяционного полинома в алгебраической форме, соответственные каждому подынтервалу. Это делается для произвольного сдвига исходного интервала, в программе, приводимой ниже, аргумент 35/37 сдвинут на 200. Обращение к памяти с соответственными подынтервалу коэффициентами выполняется по формулам  $A = [x]$ ,  $r = [(x - A) / d]$ , где  $A$  – начало основного интервала,  $d$  – длина подынтервала,  $r$  – искомый индекс подынтервала. В программной реализации  $aa := \text{trunc}(x)$ ;  $bb := aa + 1$ ;  $r := \text{trunc}((x - aa) / hh)$ . Если сдвиг выполняется на отрицательное число, то в соответствии с определением оператора  $\text{trunc}$  формула обращения к подынтервалу несколько меняется, например  $x := 35/37 - 200$ ;  $aa := \text{trunc}(x) - 1$ ;  $bb := aa + 1$ ;  $rr := \text{trunc}((x - aa) / hh)$ . Сдвиг допустим в границах диапазона, не нарушающего точность рассматриваемой целочисленной адресации.

```

program LagVarSigmaSvertkaCiklAdr777777Diapazon;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
    const nn=12; {aa=0;bb=1;} hh=0.0000001; mm=10000000;
    type vec=array[0..nn] of extended; vec0=array[0..nn,0..nn] of extended; vec00=array[0..nn,0..
mm] of extended;
var n,i,j,k,l,r,{kk,}rr: longint; a,aa,b,bb, h, h1, x,x0, s,s1,sk, bj,t: extended;
    xx,fk,tt,dn: vec; z,d: vec0; fkk:vec00;
    function f(x: extended): extended;
    begin f:= exp(-cos(x)) end;
    procedure ro(var n, j:integer; var z,d:vec0);
    var e:vec0;
    begin
    e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k :=2 to n do
    begin
    e[k,k]:=e[k-1,k-1]; for l :=1 to k-1 do
    e[k,k-l]:=e[k-1,k-l-1]-e[k-1,k-l]*z[j,k-1]; e[k,0]:=-e[k-1,0]*z[j,k-1];
    end;
    for l:=n downto 0 do d[j,l]:= e[n,l];
    end;
    function gorner (var j:integer; var t: extended): extended;
    var p:extended;
    begin
    p:=d[j,n]; for i:=n downto 1 do p:=p*t+d[j,i-1]; gorner:=p;
    end;
    function gorner1 (var j: integer): extended;
    var pp:extended;
    begin
    pp:=d[j,n]; for i:=n downto 1 do pp:=pp*j+d[j,i-1]; gorner1:=pp;
    end;
    function gorner2 (var dn: vec; var t: extended): extended;
    var p2:extended;
    begin
    p2:=dn[n]; for i:=n downto 1 do p2:=p2*t+dn[i-1]; gorner2:=p2;
    end;
    procedure koeff(var n:integer; var r:longint; var a,b:extended);
    begin
    h:=(b-a)/n; h1:=h/33;
    for j:=0 to n do begin xx[j]:=a+j*h;fkk[j,r]:=f(xx[j]); end;
    for j:=0 to n do for i:=0 to n-1 do if i<j then z[j,i]:=i else z[j,i]:=i+1;
    for j:=0 to n do ro(n, j, z,d);
    end;
    begin
    n:=2; x:=35/37+200; aa:=trunc(x);bb:=aa+1;rr:=trunc((x-aa)/hh); a:=aa+rr*hh;b:=a+hh;
    koeff(n,rr, a,b); t:=(x-xx[0])/h; s:=0; for j:=0 to n do
    s:=s+fkk[j,rr]*gorner(j,t)/gorner1(j); writeln;writeln;writeln;writeln;

```

```
writeln ('',x='x',' ',a='a, ' ');writeln; writeln ('',function='s',' ', 'pogrechnost='s-f(x));
for j:=0 to n do ro( n, j, z,d); for l:=0 to n do
begin
sk:=0; for j:=0 to n do sk:=sk+f(xx[j])*d[j,l]/gorner1(j); dn[l]:=sk;
end;
s1:=gorner2 (dn, t); writeln;writeln;writeln;writeln; writeln ('',x='x',' ',a='a, ' ');writeln;
writeln ('',function='s1',' ', 'pogrechnost='s1-f(x)); readln;
end.
```

Результат работы программы:

```
x= 2.00945945945946E+0002 a= 2.00945945900000E+0002
function= 3.70359395311641E-0001 pogrechnost= 2.71050543121376E-0020
x= 2.00945945945946E+0002 a= 2.00945945900000E+0002
function= 3.70359395311641E-0001 pogrechnost= 0.00000000000000E+0000
```

Аналогичная программа для полинома Ньютона имеет вид (сдвиг аргумента на -200 выполнен в отрицательную область)

```
program NewtonAdrPrav1111DiapzonOTRICAT;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
const nn=15; hh=0.000000009999; mm=10000009;
type vec=array[0..nn] of extended; vec0=array[0..nn,0..nn] of extended;
vec00=array[0..nn,0..mm] of extended; var xx,dn,fk,tt: vec; dm,dy: vec0; e,z,d:vec0; fkn:vec00;
aa,bb,x,x0,t,s,s1,sk,bj,s0,p1,a,b,h,h1:extended; i,j,k,k0,l,l1,n,r,r1,rr,kk:longint;
function f(x:extended):extended;
begin f:=exp(-cos(x)); end;
procedure ro(var n, j:integer; var z,d:vec0);
var e:vec0;
begin
e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k0 :=2 to n do
begin
e[k0,k0]:=e[k0-1,k0-1]; for l :=1 to k0-1 do
e[k0,k0-l]:=e[k0-1,k0-l-1]-e[k0-1,k0-l]*z[j,k0-l]; e[k0,0]:=-e[k0-1,0]*z[j,k0-1];
end;
for l:=n downto 0 do d[j,l]:= e[n,l];
end;
procedure koeffn(var n:integer; var r:longint; var a,b:extended);
begin
h:=(b-a)/n; for k:=1 to n do for i:=0 to k-1 do z[k,i]:=i;
for j:=0 to n do xx[j]:= a + j*h; fkn[0,r]:=f(xx[0]);
for j:= 0 to n-1 do dy[1,j]:= f(xx[j+1])- f(xx[j]); fkn[1,r]:= dy[1,0];
for k:=2 to n do for j:=0 to n-k do dy[k,j]:=dy[k-1,j+1]-dy[k-1,j]; fkn[k,r]:=dy[k,0];
for k:=1 to n do ro(k, k, z,d);
end;
function gorner (var k: longint; var t: extended): extended;
var p:extended;
begin
p:=d[k,k]; for i:=k downto 1 do p:=p*t+d[k,i-1]; gorner:=p;
end;
function gorner1 (var k: integer): extended;
var pp:extended;
begin
pp:=d[k,k]; for i:=k downto 1 do pp:=pp*k+d[k,i-1]; gorner1:=pp;
end;
begin
n:=3; x:=35/37-200;aa:=trunc(x)-1;bb:=aa+1; rr:=trunc((x-aa)/hh); a:=aa+rr*hh;b:=a+hh;
koeffn(n,rr, a,b); t:=(x-xx[0])/h; s:=fkn[0,rr];
for k:=1 to n do s:=s+fkn[k,rr]*gorner (k, t)/ gorner1 (k); writeln;writeln;writeln;writeln;
writeln ('',x='x',' ',a='a, ' ');writeln; writeln ('',function='s',' ', 'pogrechnost='s-f(x)); readln;
end.
```

Результат работы программы:

x=-1.99054054054054E+0002 a=-1.99054054054055E+0002

function= 1.52698511574595E+0000 pogrechnost= 1.08420217248550E-0019

**Пример 3.** На основе полинома Лагранжа вычисляется кусочно-интерполяционное приближение производных по аналогам соотношений (10), (11). В программе, приводимой ниже, вычисляется производная функции  $f(x) = \sin x$  на  $[0, 1]$ , степень полинома  $n = 6$ , длина подынтервала 0.035, полином взят в свернутой и развернутой форме. Программа примет вид

```

program LAGVarSigmaSvertkaPrPRAVCikl444444;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
const nn=25;aa=0;bb=1;tt=100;
type vec=array[0..nn] of extended;vec0=array[0..nn,0..nn] of extended; var n,i,j,k,l,kk,mm: integer;
a,b,h, h1, hh,x, s, s1, sk, bj, t, rr: extended; xx,dn,dpr: vec; z,d,dnpr: vec0;
function f(x: extended): extended;
begin f:=sin(x); end;
procedure ro(var mm, j:integer; var z:vec0;var d:vec0);
var e:vec0;
begin
e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k :=2 to mm do
begin
e[k,k]:=e[k-1,k-1]; for l :=1 to k-1 do e[k,k-l]:=e[k-1,k-l-1]-e[k-1,k-l]*z[j,k-1];
e[k,0]:=-e[k-1,0]*z[j,k-1];
end;
for l:=mm downto 0 do d[j,l]:= e[n,l];
end;
function gorner1 (var j: integer): extended;
var pp:extended;
begin
pp:=d[j,n]; for i:=n downto 1 do pp:=pp*j+d[j,i-1]; gorner1:=pp;
end;
function gorner2 (var n,j:integer; var dnpr:vec0; var t: extended): extended;
var pp1:extended;
begin
pp1:=dnpr[j,n-1]; for i:=n-1 downto 1 do pp1:=pp1*t+dnpr[j,i-1]; gorner2:=pp1;
end;
function gorner3 (var n:integer; var dpr:vec; var t: extended): extended;
var pp2:extended;
begin
pp2:=dpr[n-1]; for i:=n-1 downto 1 do pp2:=pp2*t+dpr[i-1]; gorner3:=pp2;
end;
begin
begin
kk:= 0; mm:=20; n:=6; a:=aa; hh:=0.035; b:=aa+hh; rr:=0;
for j:=0 to mm do for i:=0 to mm-1 do if i<j then z[j,i]:=i else z[j,i]:=i+1;
while b<bb do
begin
h:=(b-a)/n; h1:=h/33; for j:=0 to n do begin xx[j]:=a+j*h; end;
for j:=0 to n do ro(n, j, z,d); for l:=0 to n do
begin
sk:=0; for j:=0 to n do sk:=sk+(xx[j])*d[j,l]/gorner1(j); dn[l]:=sk;
end;
for j:=0 to n do
for l:=n downto 1 do dnpr[j,l-1]:=l*d[j,l]; for l:=n downto 1 do dpr[l-1]:=l*dn[l];
x:=a; while x <= b do
begin
t:=(x-xx[0])/h; s1:=gorner3 (n,dpr, t)/h; s:=0; for j:=0 to n do
s:=s+ (f(xx[j])*gorner2(n,j,dnpr,t)/gorner1(j)/h); kk:=kk+1;
if kk=tt then begin writeln; writeln (x,s1,s1-cos(x)); writeln (x,s,s-cos(x));writeln;kk:=0 end;
x:=x+h1;
end; rr:=rr+1; a:=aa+rr*hh;b:=aa+(rr+1)*hh;
end; readln
end.

```

Результат работы программы:

```
1.750000000000000E-0002 9.99846878907837E-0001-2.75387351811318E-0016
1.750000000000000E-0002 9.99846878907837E-0001-2.55166981294463E-0016
3.500000000000000E-0002 9.99387562523494E-0001 5.61622146358354E-0015
3.500000000000000E-0002 9.99387562523494E-0001 5.61492042097655E-0015
.....
3.51590909090909E-0001 9.38826005066327E-0001 5.01118244122800E-0016
3.51590909090909E-0001 9.38826005066328E-0001 5.11906055739031E-0016
3.69267676767677E-0001 9.32591914962044E-0001 7.56176805200015E-0016
3.69267676767677E-0001 9.32591914962042E-0001-7.63820430516038E-0016
.....
9.49595959595960E-0001 5.82011694704660E-0001-6.07695317678125E-0016
9.49595959595960E-0001 5.82011694704661E-0001-4.26254084112676E-0016
9.67272727272727E-0001 5.67547114328272E-0001 6.67483646479838E-0015
9.67272727272727E-0001 5.67547114328263E-0001-2.17599376017841E-0015
```

Производная приближена с точностью до  $10^{-15}$ .

Для развернутой формы (18) полинома Ньютона программа примет вид (вычисляется производная функции  $f(x) = \sin x$  на  $[0, 1]$ , степень полинома  $n = 9$ , длина подынтервала 0.035)

```
program NewtVarSigmaProizvCikl999999999999;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
const nn=25; aa=0; bb=1;tt=100;
type vec=array[0..nn] of extended;vec0=array[0..nn,0..nn] of extended;
var xx: vec; dn,dy,dnpr: vec0; e,z,d: vec0;
x,t,s,p,a,b,h,h1,hh: extended; i,j,k,k0,r,l,n: integer; kk,rr: longint;
function f(x:extended):extended;
begin f:=sin(x); end;
procedure ro(var n, j:integer; var z,d:vec0);
var e:vec0;
begin
e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k0 :=2 to n do
begin
e[k0,k0]:=e[k0-1,k0-1]; for l :=1 to k0-1 do
e[k0,k0-l]:=e[k0-1,k0-l-1]-e[k0-1,k0-l]*z[j,k0-l]; e[k0,0]:=-e[k0-1,0]*z[j,k0-l];
end;
for l:=n downto 0 do d[j,l]:= e[n,l];
end;
function gorner (var k:integer; var t: extended): extended;
var p:extended;
begin
p:=d[k,k]; for i:=k downto 1 do p:=p*t+d[k,i-1]; gorner:=p;
end;
function gorner1 (var k: integer): extended;
var pp:extended;
begin
pp:=d[k,k]; for i:=k downto 1 do pp:=pp*k+d[k,i-1]; gorner1:=pp;
end;
function gorner2 (var k:integer; var t: extended): extended;
var p:extended;
begin
p:=dnpr[k,k-1]; for i:=k-1 downto 1 do p:=p*t+dnpr[k,i-1]; gorner2:=p;
end;
begin
n:=9; a:=aa; hh:=0.01*3.5; b:=aa+hh; kk:=0; rr:=0; h:=(b-a)/n; h1:=h/333;
for k:=1 to n do for i:=0 to k-1 do z[k,i]:=i;
While b<=bb do
begin
for j:=0 to n do xx[j]:= a + j*h;
for j:= 0 to n-1 do dy[1,j]:= f(xx[j+1])- f(xx[j]);
for k:=2 to n do for j:=0 to n-k do dy[k,j]:=dy[k-1,j+1]-dy[k-1,j];
```

```
x:=a; while x<= b do
begin
t:=(x-xx[0])/h; s:= 0; for k:=1 to n-1 do
begin
ro(k, k, z,d); for l:=k downto 1 do dnpr[k,l-1]:=l*d[k,l];
p:= gorner2 (k, t)/gorner1(k)/h; s:=s+p*dy[k,0]
end;
kk:=kk+1; if kk=tt then begin writeln(x,' ',s,s-cos(x)); kk:=0;
end; x:=x+h1
end; rr:=rr+1; a:=aa+rr*hh;b:=aa+(rr+1)*hh;
end; readln;
end.
```

Результат работы программы:

```
1.15615615615615E-0003 9.99999331651546E-0001 2.16840434497101E-0019
2.32399065732399E-0003 9.99997299534928E-0001-1.08420217248550E-0018
.....
4.45960960960961E-0001 9.02196595485431E-0001 4.87890977618477E-0019
4.47128795462129E-0001 9.01692264094780E-0001 1.02457105299880E-0017
.....
9.78318318318318E-0001 5.58418390678033E-0001 7.02563007770607E-0017
9.79486152819486E-0001 5.57449221941874E-0001 1.15142270717961E-0016
```

Частичное улучшение предыдущего результата достигается вследствие повышения степени полинома Ньютона. В случае полинома Лагранжа это сделать не удастся.

*Приближенное вычисление интегралов.* Непосредственно из (8), (9), (12) вытекают формулы приближенного вычисления интегралов. С разбиением (12)

$$\int_a^b f(x) dx = \sum_{i=0}^{p-1} \int_{a_i}^{b_i} f(x) dx, \quad \int_{a_i}^{b_i} f(x) dx \approx \int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx, \quad (20)$$

где  $P_{ni}(x)$  – полином (7), построенный на подынтервале  $[a_i, b_i]$ :

$$P_{ni}(x) = \sum_{j=0}^n f(x_{ij}) (d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \dots + d_{nj}t^n) / (d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \dots + d_{nj}j^n),$$

$$t = (x - a_i)h_i^{-1}, \quad h_i = (b_i - a_i)n^{-1}.$$

Отсюда

$$\int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx = \sum_{j=0}^n f(x_{ij}) h_i \int_0^n (d_{0j} + d_{1j}t + d_{2j}t^2 + \dots + d_{nj}t^n) dt / (d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \dots + d_{nj}j^n).$$

Интегрирование в правой части влечет

$$\int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx = (b_i - a_i)n^{-1} \times$$

$$\times \sum_{j=0}^n f(x_{ij}) (d_{0j}n + d_{1j}2^{-1}n^2 + d_{2j}3^{-1}n^3 + \dots + d_{nj}(n+1)^{-1}n^{n+1}) / (d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \dots + d_{nj}j^n), \quad (21)$$

или

$$\int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx = (b_i - a_i) \times$$

$$\times \sum_{j=0}^n f(x_{ij}) (d_{0j} + d_{1j}2^{-1}n + d_{2j}3^{-1}n^2 + \dots + d_{nj}(n+1)^{-1}n^n) / (d_{0j} + d_{1j}j + d_{2j}j^2 + \dots + d_{nj}j^n).$$

Сложение (21) по всем подынтервалам влечет

$$\int_a^b f(x) dx \approx (b-a) p^{-1} \times \sum_{i=0}^{p-1} \sum_{j=0}^n f(x_{ij}) (d_{0j} + d_{1j} 2^{-1} n + d_{2j} 3^{-1} n^2 + \dots + d_{nj} (n+1)^{-1} n^n) / (d_{0j} + d_{1j} j + d_{2j} j^2 + \dots + d_{nj} j^n). \quad (22)$$

Если на каждом отрезке в правой части (20) подынтегральная функция  $f(x)$  приближается с оценкой (15), где  $h = (b-a)n^{-1}$ ,  $b_i - a_i = (b-a)2^{-k}$ , то

$$\left| \int_{a_i}^{b_i} f(x) dx - \int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx \right| \leq \int_{a_i}^{b_i} |f(x) - P_{ni}(x)| dx \leq c((b-a)n^{-1})^{n+1} (b-a) 2^{-k} \times 2^{-k(n+1)}.$$

Отсюда

$$\left| \int_a^b f(x) dx - \sum_{i=0}^{2^k-1} \int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx \right| \leq \sum_{i=0}^{2^k-1} \left| \int_{a_i}^{b_i} f(x) dx - \int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx \right| \leq \sum_{i=0}^{2^k-1} c((b-a)n^{-1})^{n+1} (b-a) 2^{-k} \times 2^{-k(n+1)}.$$

Окончательно

$$\left| \int_a^b f(x) dx - \sum_{i=0}^{2^k-1} \int_{a_i}^{b_i} P_{ni}(x) dx \right| \leq c((b-a)n^{-1})^{n+1} (b-a) \times 2^{-k(n+1)}. \quad (23)$$

Оценка (23) верна в условиях, при которых выполняется (15). Если в этих условиях  $k \rightarrow \infty$ , то  $c((b-a)/n)^{n+1} (b-a) \times 2^{-k(n+1)} \rightarrow 0$ . Формулу (22) можно интерпретировать как разновидность формул Ньютона – Котеса [3]. Аналогичный подход реализуется и для полинома в форме (9). Однако предпочтительна именно форма (8) как основа получения (22): в (22) все коэффициенты  $d_{ij}$  имеют числовое значение, конструктивно вычисляемое для конкретного  $n$  на основе (2) из  $\prod_{\substack{r=0 \\ r \neq j}}^n (t-r)/(j-r)$ . Их значение не зависит от вида

функции, интервала, подынтервала и т.д. Функцию, интервал и подынтервал идентифицируют только узловые значения  $f(x_{ij})$ .

Аналогичное построение квадратурных формул на основе полинома Ньютона по тем же соображениям будет выполнено для развернутой формы полинома (18). Для этого в (20)  $P_{ni}(x)$  заменяется на  $\Psi_{in}(t)$  из (18). Получится

$$\int_{a_i}^{a_{i+1}} f(x) dx \approx \int_{a_i}^{a_{i+1}} \Psi_{ni}(t) dx = \int_{a_i}^{a_{i+1}} f(x_{i0}) dx + \sum_{j=1}^n \Delta^j f_{i0} \frac{1}{j!} \int_{a_i}^{a_{i+1}} (d_{0j} + d_{1j} t + \dots + d_{(j-1)j} t^{j-1} + d_{jj} t^j) dx,$$

$x_{i0} = a_i$ ,  $t = (x - a_i) h_i^{-1}$ ,  $h_i = (b_i - a_i) n^{-1}$ . После замены переменной –

$$\int_{a_i}^{a_{i+1}} \Psi_{ni}(t) dx = h_i \int_0^n f(x_{i0}) dt + \sum_{j=1}^n \Delta^j f_{i0} \frac{1}{j!} h_i \int_0^n (d_{0j} + d_{1j} t + \dots + d_{(j-1)j} t^{j-1} + d_{jj} t^j) dt.$$

Взятие интегралов в правой части равенства влечет

$$\int_{a_i}^{a_{i+1}} \Psi_{ni}(t) dx = n h_i f(x_{i0}) + h_i \sum_{j=1}^n \Delta^j f_{i0} \frac{1}{j!} \left( d_{0j} n + d_{1j} \frac{n^2}{2} + \dots + d_{(j-1)j} \frac{n^j}{j} + d_{jj} \frac{n^{j+1}}{j+1} \right),$$

или

$$\int_{a_i}^{a_{i+1}} \Psi_{ni}(t) dx = (b_i - a_i) n^{-1} \left( n f(x_{i0}) + \sum_{j=1}^n \Delta^j f_{i0} \frac{1}{j!} \left( d_{0j} n + d_{1j} \frac{n^2}{2} + \dots + d_{(j-1)j} \frac{n^j}{j} + d_{jj} \frac{n^{j+1}}{j+1} \right) \right).$$

Отсюда

$$\int_{a_i}^{a_{i+1}} \Psi_{ni}(t) dx = (b_i - a_i) \left( f(x_{i0}) + \sum_{j=1}^n \Delta^j f_{i0} \frac{1}{j!} \left( d_{0j} + d_{1j} \frac{n}{2} + \dots + d_{(j-1)j} \frac{n^{j-1}}{j} + d_{jj} \frac{n^j}{j+1} \right) \right).$$

Сложение по всем подынтервалам влечет

$$\int_a^b f(x) dx \approx (b-a) p^{-1} \times \sum_{i=0}^{p-1} \left( f(x_{i0}) + \sum_{j=1}^n \Delta^j f_{i0} \frac{1}{j!} \left( d_{0j} + d_{1j} \frac{n}{2} + \dots + d_{(j-1)j} \frac{n^{j-1}}{j} + d_{jj} \frac{n^j}{j+1} \right) \right). \quad (24)$$

Поскольку для интерполяционного полинома Ньютона на каждом подынтервале имеет место оценка (13), то, аналогично (23), для приближения (24) справедлива оценка погрешности

$$\left| \int_a^b f(x) dx - \sum_{i=0}^{2^k-1} \int_{a_i}^{b_i} \Psi_{ni}(t) dx \right| \leq c ((b-a)n^{-1})^{n+1} (b-a) \times 2^{-k(n+1)}.$$

*Программная реализация и примеры.*

**Пример 4.** На основе полинома Лагранжа вычисляется кусочно-интерполяционное приближение интеграла от функции  $f(x) = \cos x e^{\sin x}$ . Интеграл берется по отрезку  $[0, 1]$ . Погрешность оценивается с использованием разности первообразной на концах отрезка. Степень полинома  $n = 5$  на каждом подынтервале, длина подынтервала 0.00809.

```

program LAGVarSigmaINTEGRAL55555;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses SysUtils;
const nn=25; aa=0;bb=1;
type vec=array[0..nn] of extended;vec0=array[0..nn] of extended;
var n,i,j,k,l,mm,rr: longint; h, h1, x, s, sint, t, a, b, hh: extended; xx, tt: vec; z,d,dint: vec0;
function f(x: extended): extended;
begin {f:=cos(x);} f:=exp(sin(x))*cos(x); end;
procedure ro(var mm:integer; var j:integer; var z,d:vec0);
var e:vec0;
begin
e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k :=2 to mm do
begin
e[k,k]:=e[k-1,k-1]; for l :=1 to k-1 do
e[k,k-l]:=e[k-1,k-l-1]-e[k-1,k-l]*z[j,k-1]; e[k,0]:=-e[k-1,0]*z[j,k-1];
end;
for l:=mm downto 0 do d[j,l]:= e[mm,l];
end;
function gorner1 (var j: integer): extended;
var pp:extended;
begin
pp:=d[j,n]; for i:=n downto 1 do pp:=pp*j+d[j,i-1]; gorner1:=pp;
end;
function gorner0 (var j: integer; var n: integer): extended;
var pp0:extended;
begin

```

```

pp0:=dint[j,n+1]; for i:=n+1 downto 1 do pp0:=pp0*n+dint[j,i-1]; gorner0:=pp0;
end;
begin
mm:=20; rr:=0; hh:=0.00809; n:=5; sint:=0; a:=aa; b:=aa+hh;
for j:=0 to mm do for i:=0 to mm-1 do if i<j then z[j,i]:=i else z[j,i]:=i+1;
for j:=0 to n do ro( n, j, z,d); for j:=0 to n do for i:=0 to n do dint[j,i+1]:=d[j,i]/(i+1);
while b<=bb do
begin
x:=a; h:=(b-a)/n; for j:=0 to n do xx[j]:=a+j*h; t:=(x-xx[0])/h; s:=0; for j:=0 to n do
begin
s:=s+ h*f(xx[j])*gorner0(j,n)/gorner1(j);
end; sint:=sint+s; rr:=rr+1; a:=aa+rr*hh;b:=a+hh;
if (b < bb) and (b+hh > bb) then b:=bb;
end; writeln (b,sint,sint-(exp(sin(bb))-exp(sin(aa)))/(sin(bb)-sin(aa))); readln
end.

```

Результат работы программы (значение интеграла во 2-й колонке, абсолютная погрешность – в 3-й):

1.00316000000000E+0000 1.31977682471585E+0000 -1.08420217248550E-0019

Для функции  $f(x) = \cos x$  при тех же параметрах получится:

1.00316000000000E+0000 8.41470984807897E-0001 4.33680868994202E-0019

**Пример 5.** На основе полинома Ньютона вычисляется кусочно-интерполяционное приближение интеграла от функции  $f(x) = \cos x e^{\sin x}$ . Интеграл берется по отрезку  $[0.5, 1.5]$ . Погрешность оценивается с использованием разности первообразной на концах отрезка. Степень полинома  $n = 13$  на каждом подынтервале, длина подынтервала 0.2. Полином берется сначала в свернутой форме (19), затем в развернутой форме (18).

```

program NEWTONINTEGRALsigmasvertka55;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses
  SysUtils;
const nn=25; aa=0.5;bb=aa+1;
type vec=array[0..nn] of extended;vec0=array[0..nn,0..nn] of extended;var xx,dints: vec;
dy,e,z,d,dint:vec0; x,t,s,s1,s2,p,a,b,h,h1,hh,sint,sint1:extended;i,j,k,k0,k1,r,l,1,n: integer; kk,tt,rr:longint;
function f(x:extended):extended;
begin {f:=cos(x);} f:=cos(x)*exp(sin(x)); end;
procedure ro(var n, j:integer; var z,d:vec0);
var e:vec0;
begin
e[1,1]:=1;e[1,0]:=-z[j,0]; for k0 :=2 to n do
begin
e[k0,k0]:=e[k0-1,k0-1]; for l :=1 to k0-1 do
e[k0,k0-l]:=e[k0-1,k0-l-1]-e[k0-1,k0-l]*z[j,k0-l]; e[k0,0]:=-e[k0-1,0]*z[j,k0-1];
end;
for l:=n downto 0 do d[j,l]:= e[n,l];
end;
function gorner1 (var k: integer): extended;
var pp:extended;
begin
pp:=d[k,k]; for i:=k downto 1 do pp:=pp*k+d[k,i-1]; gorner1:=pp;
end;
function gorner2 (var k: integer; var n:integer): extended;
var p2:extended;
begin
p2:=dint[k,k+1]; for i:=k+1 downto 1 do p2:=p2*n+dint[k,i-1]; gorner2:=p2;
end;
function gorner3 (var dints: vec; var n:integer): extended;
var p3:extended;
begin
p3:=dints[n+1]; for i:=n+1 downto 1 do p3:=p3*n+dints[i-1]; gorner3:=p3;
end;
begin

```

```

for k:=1 to mn do for i:=0 to k-1 do z[k,i]:=i; for k:=1 to mn do ro(k, k, z,d);
for k:=1 to mn-1 do for l:=0 to k do dint[k,l+1]:=d[k,l]/(l+1);
n:=13; hh:=(bb-aa)/5; kk:=0; tt:=1; rr:=0; a:=aa; b:=a+hh; s:=0; h:=(b-a)/n; sint:=0; sint1:=0;
while b<=bb do
begin
for j:=0 to n do xx[j]:=a + j*h; for j:= 0 to n-1 do dy[1,j]:= f(xx[j+1])- f(xx[j]);
for k:=2 to n do for j:=0 to n-k do dy[k,j]:=dy[k-1,j+1]-dy[k-1,j]; s:= f(xx[0])*h*n*(b-a);
for k:=1 to n do
begin
p:=gorner2(k,n)/ gorner1 (k); s:=s+p*dy[k,0]*h;
end;
sint:=sint+s; dints[1]:=f(xx[0]); for l1:= 2 to n+1 do
begin
s1:=0; for k1:=1 to n do s1:=s1+dy[k1,0]*dint[k1,l1]/gorner1 (k1); dints[l1]:=s1;
end; s2:=gorner3 (dints, n)*h; sint1:=sint1+s2;
kk:=kk+1; rr:=rr+1; a:=aa+rr*hh; b:=a+hh;
if (b < bb) and (b+hh > bb) then b:=bb;
end; writeln;writeln;writeln;
writeln(b-hh,' ',sint,sint-{(sin(bb)-sin(aa))}(exp(sin(bb))-exp(sin(aa)))); writeln;writeln;
writeln(b-hh,' ',sint1,sint1-{(sin(bb)-sin(aa))}(exp(sin(bb))-exp(sin(aa)))); readln;
end.

```

Результат работы программы:

1.5000000000000000E+0000 1.09633472124008E+0000 0.0000000000000000E+0000  
1.5000000000000000E+0000 1.09633472124008E+0000 0.0000000000000000E+0000

Для функции  $f(x) = \cos x$  при тех же параметрах получится

1.5000000000000000E+0000 5.18069447999851E-0001 5.42101086242752E-0020  
1.5000000000000000E+0000 5.18069447999851E-0001 5.42101086242752E-0020

*Кусочно-интерполяционное решение задачи Коши для ОДУ.* Рассматривается задача Коши

$$y' = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0, \quad (25)$$

в области  $R: \{ a \leq x \leq b; |y - y_0| \leq B; B = \text{const} \}$ , где функция  $f(x, y)$  определена, непрерывно дифференцируема (в точках  $a$  – справа,  $b$  – слева) и удовлетворяет условию Липшица:  $|f(x, y) - f(x, \tilde{y})| \leq L|y - \tilde{y}|, L = \text{const}, \forall (x, y), (x, \tilde{y}) \in R$ . Предполагается, что в  $R$  решение задачи (25) существует и единственно. Для простоты  $a, b$  те же, что в (12), и выполнено такое же разбиение на подынтервалы  $[a_i, b_i]$ . Для интерполяции правой части (25) в  $f(x, y)$  подставляется приближенное значение  $y$ , вначале  $y \approx y_0$ . Функция  $f(x, y_0)$  приближается полиномами вида (16), (17) по изложенной выше схеме. При фиксированных  $n$  и  $k$  на отрезке  $[a_i, b_i], i = 0$ , затем аналогично, при  $i = 1, 2, \dots$ , выполняется итерационное уточнение, которое состоит в следующем. Пусть  $P_{in}(t) = \sum_{\ell=0}^n D_{i\ell} t^\ell$ , тогда  $f(x, y_0) \approx P_{in}(t), t = (x - a_i)h_i^{-1}, h_i -$

шаг интерполяции на  $[a_i, b_i]$ . Первообразная  $P_{(\text{int})i(n+1)}(x) = y_{0(i-1)} + h_i \int_0^{(x-a_i)h_i^{-1}} P_{in}(t) dt$  равная  $y_{0(i-1)} + h_i \sum_{\ell=0}^n D_{i\ell} / (\ell + 1) t^{\ell+1}$  принимается за приближение решения:  $y(x) \approx P_{(\text{int})i(n+1)}(x),$

$x \in [a_i, b_i]$ . Далее, полагается  $f(x, y) \approx f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}(x))$  и при том же  $n$ , на том же отрезке строится интерполяционный полином вида (17) для приближения полученной функции:  $P_{in}^{(1)}(t) \approx f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}(x)), t = (x - a_i)h_i^{-1}$ . От этого полинома снова берется первообразная с тем же значением константы  $P_{(\text{int})i(n+1)}^{(1)}(x) = y_{0(i-1)} + h_i \int_0^{(x-a_i)h_i^{-1}} P_{in}^{(1)}(t) dt$ , подставляется

в правую часть,  $f(x, y) \approx f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(1)}(x))$ , которая затем интерполируется аналогично:  $P_{in}^{(2)}(t) \approx f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(1)}(x))$ . Фактически итерации  $P_{in}^{(\ell)}(t) \approx f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x)), t = (x - a_i)h_i^{-1},$

$P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) = y_{0(i-1)} + h_i \int_0^{(x-a_i)h_i^{-1}} P_{in}^{(\ell)}(t) dt$ ,  $\ell=1,2,\dots$ , продолжаютя до заданной грани-

цы  $\ell \leq q = \text{const}$ , абстрактно их количество не ограничивается. Выше за значение  $y_{0(i-1)}$  было принято  $P_{(\text{int})i(n+1)}^{(q)}(b_{i-1})$ . По окончании итераций на  $[a_i, b_i]$  выполняется переход к  $[a_{i+1}, b_{i+1}]$ , где за значение  $y_{0i}$  принимается  $P_{(\text{int})i(n+1)}^{(q)}(b_i)$ . Оценки погрешности будут выполняться ниже при дополнительных предположениях. Учитывая, что в случае равноотстоящих узлов на одном и том же отрезке, при интерполяции одной и той же функции интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона одинаковой степени совпадают во всех рассмотренных формах, для упрощения обозначений предполагается, что интерполяция выполняется полиномом вида (3). Более точно, интерполяция предполагается без перехода к переменной  $t$ , при этом полином имеет полностью приведенные числовые коэффициенты:  $P_n(x) = \sum_{\ell=0}^n d_\ell x^\ell$ , на  $[a_i, b_i]$  такой полином Лагранжа записывается в виде

$$P_{in}(x) = \sum_{\ell=0}^n d_{i\ell} x^\ell, \quad x \in [a_i, b_i]. \quad (26)$$

Погрешность интерполяции на  $[a_i, b_i]$  оценивается из (15), правая часть этой оценки обозначается  $c_{ik} = c 2^{-k(n+1)} h^{n+1}$ ,  $h = (b-a)n^{-1}$ . Вначале рассматривается погрешность приближения решения с итерационным уточнением только на отрезке  $[a_i, b_i]$ . При этом будет предполагаться, что решение на этом отрезке соответствует не начальным условиям из (25), а начальным условиям именно на этом отрезке:  $y_{0(i-1)}$ . В таком случае решение  $y(x)$  и приближение  $P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x)$  имеют одинаковые начальные значения на данном отрезке. По-

этому  $y = y_{0(i-1)} + \int_{a_i}^x f(x, y) dx$ ,  $y(a_i) = y_{0(i-1)}$ , вместе с тем  $P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) = y_{0(i-1)} + \int_{a_i}^x P_{in}^{(\ell)}(x) dx$ ,

где учитывается (26), так что не требуется замена переменной. Сначала оценки выполняются в предположении, что для некоторой последовательности номеров  $\ell$

$$0 < c_{ik} \leq \max_{[a_i, b_i]} |y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x)|, \quad \ell = 0, 1, \dots, \quad (27)$$

где  $P_{(\text{int})i(n+1)}^{(0)}(x) = P_{(\text{int})i(n+1)}(x)$ . С учетом одинаковых начальных значений абсолютная погрешность  $\ell$ -й итерации примет вид  $|y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x)| = \left| \int_{a_i}^x (f(x, y) - P_{in}^{(\ell)}(x)) dx \right|$ , отсюда

$$|y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x)| \leq \int_{a_i}^x |f(x, y) - P_{in}^{(\ell)}(x)| dx, \quad \ell = 0, 1, 2, \dots \quad (28)$$

По построению  $P_{in}^{(\ell)}(x) \approx f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x))$ , погрешность интерполяции обозначается  $\tilde{c}_{ik}$ , в этом обозначении  $f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x)) = P_{in}^{(\ell)}(x) + \tilde{c}_{ik}$ . Подстановка в (28) влечет

$$|y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x)| \leq \int_{a_i}^x |f(x, y) - (f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x)) - \tilde{c}_{ik})| dx \quad \forall x \in [a_i, b_i].$$

Согласно (15)  $|\tilde{c}_{ik}| \leq c_{ik}$ , поэтому

$$|y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x)| \leq \int_{a_i}^x (|f(x, y) - f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x))| + c_{ik}) dx. \quad (29)$$

Отсюда, при условии, что для индекса  $\ell - 1$  верно (27), следует неравенство

$$\begin{aligned} & \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) \right| \leq \\ & \leq \int_{a_i}^x \left( \max_{[a_i, b_i]} \left| f(x, y) - f(x, P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x)) \right| + \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x) \right| \right) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i]. \end{aligned}$$

С применением условия Липшица

$$\begin{aligned} & \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) \right| \leq \\ & \leq \int_{a_i}^x \left( L \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x) \right| + \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x) \right| \right) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i], \quad (30) \end{aligned}$$

или

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) \right| \leq N \int_{a_i}^x \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x) \right| dx \quad \forall x \in [a_i, b_i], \quad N = L + 1.$$

Очевидно,

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) \right| \leq N \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x) \right| \int_{a_i}^x dx, \quad \ell = 0, 1, 2, \dots,$$

или

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) \right| \leq N \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x) \right| (x - a_i) \quad \forall x \in [a_i, b_i], \quad \ell = 0, 1, 2, \dots$$

Ввиду произвольности  $x \in [a_i, b_i]$  в обеих частях неравенства можно перейти к максимуму:

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) \right| \leq N \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell-1)}(x) \right| (b_i - a_i), \quad \ell = 0, 1, 2, \dots \quad (31)$$

Пусть левая часть неравенства (31) обозначена  $\varepsilon_{i\ell}$ , в этом обозначении

$$\varepsilon_{i\ell} \leq N \varepsilon_{i(\ell-1)} (b_i - a_i), \quad \ell = 0, 1, 2, \dots \quad (32)$$

В (32)  $\varepsilon_{i0} = \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}(x) \right|$  и  $\varepsilon_{i1} \leq N \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}(x) \right| (b_i - a_i)$ . Согласно построению  $f(x, y_{0(i-1)}) = P_{in}(x) + \tilde{c}_{ik}$ , поэтому, с учетом (28) при  $\ell = 0$  и проделанных выше преобразований,

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}(x) \right| \leq \int_{a_i}^{b_i} \left( \left| f(x, y_{0(i-1)}) - P_{in}(x) \right| + c_{ik} \right) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i].$$

Отсюда  $\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}(x) \right| \leq 2c_{ik} \int_{a_i}^{b_i} dx$ , где  $c_{ik} = c 2^{-k(n+1)} h^{n+1}$ ,  $h = (b-a)n^{-1}$ , или

$$\varepsilon_{i0} \leq (b_i - a_i) \times \alpha_{kn}, \quad \alpha_{kn} = 2c_{ik}. \quad (33)$$

Из (32), (33)  $\varepsilon_{i1} \leq N \times (b_i - a_i)^2 \times \alpha_{kn}$ , поэтому  $\varepsilon_{i2} \leq N^2 (b_i - a_i)^3 \alpha_{kn}$ . По индукции

$$\varepsilon_{i\ell} \leq \alpha_{kn} N^{-1} ((b_i - a_i)N)^{\ell+1}. \quad (34)$$

Неравенство (34) является следствием (31) и верно для тех последовательных  $\ell = 0, 1, 2, \dots$ , для которых не нарушено (27). Не умаляя общности, можно предположить, что  $(b_i - a_i)N = 2^{-k} (b - a)N < 1$ , тогда в (34)  $\varepsilon_{i\ell} \rightarrow 0, \ell \rightarrow \infty$ . Поэтому неравенство (27) при некотором  $\ell$  необходимо окажется нарушенным, нарушение означает, что

$$0 < \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell)}(x) \right| < c_{ik}, \ell = \ell_0 + 1. \quad (35)$$

Пусть  $\ell = \ell_0 + 1$  будет первым элементом последовательности  $\ell = 0, 1, 2, \dots$ , при котором неравенство (27) будет нарушено и выполнится (35). В этом случае для номера  $\ell = \ell_0 + 1$  еще сохраняются (31) и (34). Из (29) с применением условия Липшица следует

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+2)}(x) \right| \leq \int_{a_i}^x (L \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+1)}(x) \right| + c_{ik}) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i]. \quad (36)$$

Отсюда, с учетом выполнения (34) для  $\ell = \ell_0 + 1$  и того, что

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+1)}(x) \right| < c_{ik} < \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0)}(x) \right|,$$

подынтегральное выражение в (36) можно заменить соответственным выражением из (30):

$$\begin{aligned} & \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+2)}(x) \right| \leq \\ & \leq \int_{a_i}^x (L \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0)}(x) \right| + \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0)}(x) \right|) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i]. \end{aligned} \quad (37)$$

Но для правой части (37), после перехода к максимуму в обеих частях неравенства, сохраняется оценка (34), при которой левая часть неравенства (34) уже нарушает (36) и не превосходит  $c_{ik}$ . Поэтому и левая часть (37) не превзойдет  $c_{ik}$ :

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+2)}(x) \right| < c_{ik} < \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0)}(x) \right|. \quad (38)$$

Аналогично

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+3)}(x) \right| \leq \int_{a_i}^x (L \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+2)}(x) \right| + c_{ik}) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i], \quad (39)$$

и

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+2)}(x) \right| < c_{ik} < \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0)}(x) \right|,$$

поэтому подынтегральное выражение в правой части (39) можно заменить на выражение из (30), что повлечет совпадение с правой частью (37):

$$\begin{aligned} & \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+3)}(x) \right| \leq \\ & \leq \int_{a_i}^x (L \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0)}(x) \right| + \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0)}(x) \right|) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i]. \end{aligned}$$

Повторение предыдущих рассуждений влечет

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+3)}(x) \right| < c_{ik}. \quad (40)$$

В силу очевидной индукции неравенства (38) и (40) перейдут в неравенство

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(\ell_0+r)}(x) \right| < c_{ik}, \quad 1 \leq r.$$

Из изложенного вытекает

**Лемма 1.** Пусть в рассматриваемых условиях, в числе которых условия выполнения (13), (15) применительно к правой части (25), а также условие (27) и предположение  $2^{-k}(b-a)N < 1$ , выполняется кусочная интерполяция с итерационным уточнением решения задачи (25). Тогда на произвольном отрезке  $[a_i, b_i]$  из (12) найдется номер  $r_0$ , такой, что итерационное уточнение будет удовлетворять неравенству

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r)}(x) \right| < c_{ik} \quad \forall r \geq r_0. \quad (41)$$

Для номеров из (41) сохраняется (29), откуда с применением условия Липшица

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq \int_{a_i}^x (L \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r)}(x) \right| + c_{ik}) dx \quad \forall x \in [a_i, b_i].$$

Из (41)  $\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq N \int_{a_i}^x c_{ik} dx \quad \forall x \in [a_i, b_i]$ , или,

$$\left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq Nc_{ik}(x - a_i) \quad \forall x \in [a_i, b_i].$$

Следовательно,  $\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq Nc_{ik}(b_i - a_i) \quad \forall r \geq r_0, \quad N = L + 1$ , или

$$\max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq Nc_{ik}(b - a)2^{-k} \quad \forall r \geq r_0, \quad N = L + 1. \quad (42)$$

**Теорема 1.** В условиях леммы 1 абсолютная погрешность решения задачи (25) оценивается из (42). Согласно (42) погрешность кусочной интерполяции на отдельном подынтервале уменьшается за счет итерационного уточнения пропорционально  $(b-a)2^{-k}$ .

**Следствие 1.** В тех же условиях скорость сходимости к (42) определяется геометрической прогрессией из (34).

**Следствие 2.** В условиях теоремы 1 абсолютная погрешность решения задачи (25) на всем отрезке (12) оценивается из соотношения  $\sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq \sum_{i=0}^{2^k-1} Nc_{ik}(b-a)2^{-k}$ , или

$$\sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq N(b-a)c_{ik}. \quad (43)$$

Согласно (43) итерационное уточнение позволяет, с точностью до постоянного множителя  $N(b-a)$ , приближать решение на всем отрезке (12) с абсолютной погрешностью кусочной интерполяции на одном подынтервале из (12). Подстановка в (43)  $c_{ik}$  из (15) влечет

$$\sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq N(b-a)c \cdot 2^{-k(n+1)} h^{n+1},$$

или

$$\sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} \left| y(x) - P_{(\text{int})i(n+1)}^{(r+1)}(x) \right| \leq N(b-a)((b-a)/n)^{n+1} c \cdot 2^{-k(n+1)}. \quad (44)$$

Пусть задано  $\forall \epsilon > 0$ . В (44) можно указать такое  $k_0 = k_0(\epsilon)$ , что правая часть не пре-  
зойдет  $\epsilon$  при  $\forall k > k_0$ . Именно,  $k_0 = (n + 1)^{-1} \log_2(N(b - a)((b - a) / n)^{n+1} c \epsilon^{-1})$ .

**Теорема 2.** В условиях леммы 1 абсолютная погрешность решения задачи (25) на всем  
отрезке решения из (12) оценивается из (44). При этом  $\forall \epsilon > 0$  верно соотношение

$$\sum_{i=0}^{2^k-1} \max_{[a_i, b_i]} |y(x) - P_{(int)i(n+1)}^{(r+1)}(x)| \leq \epsilon \quad \forall k > (n + 1)^{-1} \log_2(N(b - a)((b - a) / n)^{n+1} c \epsilon^{-1}), \quad \forall x \in [a, b],$$

означающее равномерную сходимость метода, если  $k \rightarrow \infty$ .

Изложенные рассуждения и оценки переносятся на случай интерполяционного поли-  
нома Ньютона, взятого в форме (18) или (19), с точностью до замены обозначений  $P_{in}^{(\ell)}(t)$   
на  $\Psi_{in}^{(\ell)}(x)$ , и  $P_{(int)i(n+1)}^{(\ell)}(x)$  на  $\Psi_{(int)i(n+1)}^{(\ell)}(x)$ .

Теорема и следствия дают формальную оценку погрешности в абстрактных условиях,  
включающих существование  $n + 1$  производной у функции правой части (25). Однако сама  
по себе интерполяция возможна в самых широких условиях, поэтому метод всегда можно  
применять в условиях существования и единственности. На практике многое определяется  
не только малостью подынтервала в (44), но видом правой части (25), устойчивостью  
решения в смысле Ляпунова, жесткостью или нежесткостью класса задач. Тем не менее  
во всех таких экспериментально рассмотренных случаях предложенный метод обладает  
меньшей погрешностью, чем известные методы, отличаясь фиксированной границей  
накопления погрешности на большом промежутке решения.

*Численный эксперимент.* Часть эксперимента дана на примерах задач, имеющих ана-  
литические решения. Обсуждаются также результаты моделирования химических процес-  
сов и задач небесной механики. Эксперимент проводился с помощью ПК на базе процес-  
сора Intel(R) Core(TM) i5-2500. Ниже представлены результаты на основе интерполяции  
по Ньютону. Использование полинома Лагранжа дает практически такие же результаты.

**Пример 1.** Задача  $y' = \cos(x + y)$ ,  $y(0) = 0$ , имеет решение  $y = -x + 2 \arctg(x)$ . Абсо-  
лютная погрешность приближения на  $[0, 512]$  разностными и предложенным кусочно-ин-  
терполяционным (PP) методами дана в табл. 1 с числом обращений ( $fc$ ) к правой части.

**Таблица 1**

Погрешность и число обращений к правой части при решении задачи примера 1

x	Runge-Kutt_4	Butcher_6	Dorman-Prince_8	PP
	$h = 1.024 \times 10^{-3}$	$h = 1.024 \times 10^{-2}$	$h = 1.024 \times 10^{-2}$	$h = 2.3 \times 10^{-2}$
	$fc = 2000000$	$fc = 350000$	$fc = 650000$	$fc = 183344$
5.12	1.315E-0015	2.665E-0016	1.518E-0018	1.084E-0018
10.24	3.422E-0016	6.765E-0017	7.373E-0018	0.000E+0000
...	...	...	...	...
256.00	3.608E-0016	2.498E-0016	7.078E-0016	4.163E-0017
261.12	8.327E-0016	4.441E-0016	8.882E-0016	5.551E-0017
...	...	...	...	...
506.88	3.053E-0016	1.749E-0015	4.524E-0015	2.776E-0017
512.00	8.049E-0016	2.137E-0015	3.747E-0015	5.551E-0017

Граница погрешности  $10^{-15}$  соответствует методам 4-го (Runge-Kutt\_4), 6-го (Butcher\_6)  
и 8-го (Dorman-Prince\_8) порядков. Величины шагов для каждого разностного метода вы-  
браны с целью наименьшей погрешности. Методу Батчера соответствует количество  
обращений к функции правой части  $fc = 350000$ . Кусочно-интерполяционное решение  
с параметрами  $b_i - a_i = 0.345$ ,  $n = 15$ ,  $\ell = 13$  характеризуется порядком погрешности  $10^{-17}$   
при  $fc = 183344$ .

Программа предложенного решения данной задачи имеет вид

```
program RD_example_1;
  {SAPPTYPE CONSOLE}
  uses SysUtils, Math;
  var koutput, kiter: integer; Npol: byte; fc: longint;
```

```

Anach,Bkonech,velint,ynach,hpd_:extended;
function f(x,y: extended):extended;
begin f:=cos(x+y);fc:=fc+1; end;
function fun(x:extended):extended;
begin fun:=-x+2*arctan(x) end;
procedure RD(y_nach,A_nach,B_konech,vel_int:extended;n:byte;hpd:extended;k_iter,k_output:integer);
const nn=20;
type matr=array[0..nn,0..nn] of extended; vect=array[0..nn] of extended;
matrC=array[-4..nn+1] of extended; matrAll=array[0..33000] of matrC; matrC_:=^matrAll;
var d:matr; a0,b0,x,y0:extended; i:integer; Ck1:matrC_; pod:longint;
procedure Viet(n:byte; var d:matr);
var k,i:byte; e:matr;
begin e[1,1]:=1; e[1,0]:=0; for k:=2 to n do begin e[k,0]:=-e[k-1,0]*(k-1);
for i:=1 to k-1 do e[k,k-i]:=e[k-1,k-i-1]-e[k-1,k-i]*(k-1); e[k,k]:=e[k-1,k-1] end;
for k:=1 to n do for i:=0 to k do d[i,k]:=e[k,i] end;
procedure Konech_Konech_Raznoct(fy:vect; n:byte; var dy:matr);
var i,j:byte;
begin for j:=0 to n-1 do dy[1,j]:=fy[j+1]-fy[j];
for i:=2 to n do for j:=0 to n-i do dy[i,j]:=dy[i-1,j+1]-dy[i-1,j] end;
procedure Newton(U:Vect; n:byte; var Mcoef:matrC);
var dy:matr; b:vect; p,s:extended; j,i:byte;
begin Konech_Konech_Raznoct(U,n,dy); p:=1;
for j:=1 to n do begin p:=p*j; b[j]:=dy[j,0]/p; end; Mcoef[0]:=U[0];
for i:=1 to n do begin s:=0; for j:=i to n do s:=s+d[i,j]*b[j]; Mcoef[i]:=s; end end;
function Gorner(Mcoef:matrC; x:extended):extended;
var i,n:byte; s,t:extended;
begin t:=(x-Mcoef[-1])/Mcoef[-2]; n:=trunc(Mcoef[-3]); s:=Mcoef[n];
for i:=n-1 downto 0 do s:=t*s+Mcoef[i]; Gorner:=s end;
procedure Polynomial(x:vect; h,y0:extended; n,K_it:integer; var C:matrC);
var i,iter:integer; fy,y,ytemp:vect; A:matrC; sum:extended;
begin for i:=0 to n do y[i]:=y0; for iter:=1 to K_it do
begin for i:=1 to n do ytemp[i]:=y[i]; for i:=0 to n do fy[i]:=f(x[i],y[i]);
Newton(fy,n,A); C[0]:=y[0]; C[-1]:=x[0]; C[-2]:=h; C[-3]:=n+1; C[-4]:=n*h;
for i:=1 to n+1 do C[i]:=A[i-1]*h/i; for i:=1 to n do y[i]:=Gorner(C,x[i]);
sum:=0; for i:=1 to n do sum:=sum+abs(y[i]-ytemp[i]);
if (sum<1e-40) then break; if (sum>=1e50) then break; end end;
procedure Subinterval(hpd:extended;n,K_it:integer; a0,b0,Ynach:extended; var Ck:matrC_);
var a00,b00,y0,h:extended; m,pod:longint; x:vect; j:byte;
begin a00:=a0;b00:=a0+hpd; y0:=Ynach;x[0]:=a0;m:=0; pod:=0;
while a00<=b0-hpd/10 do begin h:=(b0-a0)/n; for j:=1 to n do begin inc(m); x[j]:=a0+m*h end;
Polynomial(x,h,y0,n,K_it,Ck^[pod]); y0:=gorner(Ck^[pod],x[n]);
x[0]:=x[n];inc(pod); a00:=a00+hpd; b00:=a00+hpd end end;
begin
fc:=0; New(Ck1); Viet(nn,d); writeln('x':4,'y':15,'Pogr':25); writeln;
a0:=A_nach; b0:=a0+vel_int; y0:=y_nach;
while a0 <= B_konech-vel_int/2 do begin Subinterval(hpd,n,k_iter,a0,b0,y0,Ck1); writeln;
for i:=1 to k_output-1 do begin x:= a0+i*Vel_int/k_output; pod:=trunc((x-a0)/Ck1^[0,-4]);
if x>Bkonech then break;
writeln(x:7:3,' ', Gorner(Ck1^[pod],x), ' ',abs(Gorner(Ck1^[pod],x)-fun(x))); end;
if abs(frac((b0-a0)/Ck1^[0,-4]))<1e-18 then pod:=trunc((b0-a0)/Ck1^[0,-4])-1
else pod:=trunc((b0-a0)/Ck1^[0,-4])-1;
y0:=Gorner(Ck1^[pod],b0); writeln(b0:7:3,' ', y0, ' ',abs(y0-fun(b0)));
a0:=a0+vel_int; b0:=a0+vel_int; end; Dispose(Ck1); end;
begin
Anach:=0; Bkonech:=512; ynach:=0; velint:=512; Npol:=15; hpd_:=0.345; kiter:=13; koutput:=100;
RD(ynach,Anach,Bkonech,velint,Npol,hpd_,kiter,koutput); writeln(fc); readln; end.

```

**Пример 2.** Система  $y_1' = x + 2y_1 / x - \sqrt{y_2}$ ,  $y_2' = 2\sqrt{y_2}$ , при  $y_1(1) = 2$ ,  $y_2(1) = 4$  имеет решение  $y_1 = x(1+x)$ ,  $y_2 = (1+x)^2$ . Канонические нормы вектора абсолютных погрешностей компонент на отрезке  $[1, 513]$  представлены в табл. 2 наряду с  $fc$ .

При одинаковом порядке погрешности среди разностных методов значением  $fc = 6656000$  характеризуется метод Дормана – Принса. Кусочно-интерполяционное приближение с параметрами:  $b_i - a_i = 0.25$ ,  $n = 3$ ,  $\ell = 20$ , в большинстве проверочных точек дает значения «нулевых» погрешностей в формате вывода данных (*extended*), при увеличении числа проверочных точек встречаются значения  $10^{-18}$ – $10^{-16}$ . При этом  $fc = 56028$ .

Таблица 2

Погрешность и число обращений к правой части при решении задачи примера 2

x	Runge-Kutt 4	Butcher_6	Dorman-Prince 8	PP
	$h = 1.024 \times 10^{-5}$	$h = 1.0 \times 10^{-4}$	$h = 1.0 \times 10^{-3}$	$h \approx 8.3 \times 10^{-2}$
	$fc = 2.0 \times 10^8$	$fc = 35840000$	$fc = 6656000$	$fc = 56028$
6.12	2.082E-0017	3.539E-0016	8.674E-0017	0.000E+0000
11.24	1.110E-0016	1.388E-0016	3.608E-0016	0.000E+0000
...	...	...	...	...
257.00	5.684E-0014	2.842E-0014	6.821E-0013	0.000E+0000
262.12	5.684E-0014	4.974E-0014	3.837E-0013	0.000E+0000
...	...	...	...	...
507.88	1.563E-0013	1.705E-0013	2.416E-0013	0.000E+0000
513.00	1.421E-0013	4.832E-0013	4.263E-0013	0.000E+0000

**Пример 3.** В [4] на серии тестовых задач представлено сравнение вычислительных качеств наиболее эффективных методов высокоточного решения нежестких задач Коши. Типичные результаты дает тестовая задача двух тел:

$$y_1' = y_3, y_2' = y_4, y_3' = -y_1(y_1^2 + y_2^2)^{-3/2}, y_4' = -y_2(y_1^2 + y_2^2)^{-3/2},$$

$$y_1(0) = 0.5, y_2(0) = 0, y_3(0) = 0, y_4(0) = \sqrt{3}. \quad (45)$$

На  $[0, 6\pi]$  метод Дормана – Принса 8-го порядка дает решение задачи (45) с погрешностью порядка  $10^{-14}$  при  $fc \approx 39000$ , экстраполяционная программа ODEX на том же отрезке достигает погрешности порядка  $10^{-13}$  при  $fc \approx 36000$  [4]. Наименьшей границы погрешности, порядка  $10^{-16}$ , на том же отрезке, среди исследованных методов численного приближения достигает интегратор Гаусса – Эверхарта 19-го порядка – GAUSS\_32 [9], реализованный в среде Delphi. Метод адаптирован для решения задач небесной механики, в частности механизм выбора величины шага интегрирования осуществлен с учетом специфики плоской задачи двух тел [8]. Кусочно-интерполяционное решение задачи (45) характеризуется границей погрешности порядка  $10^{-17}$  при  $fc \approx 275924$  (параметры метода:  $b_i - a_i = 2\pi/1024$ ,  $n = 10$ ,  $\ell = 20$ ). Аналогичные результаты получаются при решении других нежестких задач.

**Пример 4.** Периодическая реакция Белоусова – Жаботинского моделируется жесткой системой [5]:

$$y_1' = 77.27(y_2 + y_1(1 - 8.375 \cdot 10^{-6} y_1 - y_2)),$$

$$y_2' = 77.27^{-1}(y_3 - y_2(1 - y_1)),$$

$$y_3' = 0.161(y_1 - y_3).$$

Результаты кусочно-интерполяционного приближения решения для начальных данных  $y_1(0) = 4$ ,  $y_2(0) = 1.1$ ,  $y_3(0) = 4$  на отрезке  $[0, 512]$  при вариации степе-

ни интерполяционного полинома и количества подынтервалов разбиения представлены в [7]. Фиксирование параметров метода и исключение дополнительных уточняющих процедур программы позволило сократить время решения задачи с границей погрешности  $10^{-14}$  с  $t \approx 11 \text{ min}$  до  $t = 4 \text{ min } 14 \text{ s } 677 \text{ ms}$  ( $b_i - a_i = 0.01/512$ ,  $n = 4$ ,  $\ell = 5$ ).

*Замечание о наилучшем приближении.* Если под этим понимать достижение заданной границы абсолютной погрешности  $\varepsilon$  с наименьшим количеством подынтервалов  $2^k$  при наименьшей (одной и той же) степени полинома  $n$  на каждом из подынтервалов, то в случае приближения функций можно воспользоваться элементарным алгоритмом из [10]. Его реализация сводится к циклическому увеличению  $n$  при наименьшем  $k$  в заданных пределах  $n \leq n_0$ . По достижении предела  $n$  переходит в начальное значение, а  $k$  увеличивается на единицу,  $k \leq k_0$ . На каждом шаге цикла выполняется сравнение на наборе проверочных точек функции и интерполирующего ее полинома. Если погрешность в проверочной точке не превосходит  $\varepsilon$ , продолжается проверка, иначе  $n$  переходит в начальное значение, а  $k$  увеличивается на единицу. Наименьшие  $n$  и  $k$ , при которых погрешность не превосходит  $\varepsilon$  во всех проверочных точках, принимаются за решение задачи. Если так приближать подынтегральную функцию, то это приводит к наилучшему приближению интеграла. Для часто повторяющихся функций, в частности библиотеки стандартных программ,

коэффициенты интерполирующего полинома в алгебраической форме, например, (17) записываются в память для каждого подынтервала. В дальнейшем обращение к памяти выполняется по соотношениям  $A = [x]$ ,  $i = [(x - A) / d]$ , где  $A$  – начало основного интервала,  $d$  – длина подынтервала,  $i$  – искомый индекс подынтервала и математический адрес соответственных коэффициентов. Временная сложность вычисления функции составит  $T = n(t_y + t_s) = O(n)$ , где  $n$  – степень полинома,  $t_y, t_s$  – время бинарного умножения и сложения. Так,  $\sqrt{x}$  или  $x^\alpha$ , где  $\alpha$  – иррациональное, могут быть вычислены за время двух умножений со сложением с отмеченной в примерах точностью. Высокая точность нужна хотя бы затем, чтобы в дальнейших преобразованиях накопление погрешности было ниже, чем при невысокой начальной точности приближения функции. Требуемая начальная точность не всегда может быть достигнута предложенным способом, если интерполируемая функция вычисляется из сложного выражения, как, например, функция Бесселя. В случае решения задачи Коши для ОДУ ставится другой вопрос: при каких  $n$  и  $k$  достигается наибольшая точность приближенного решения? Инвариантное решение возможно на основе вспомогательной функции, являющейся усложненным аналогом невязки, и специального набора контрольных точек. В деталях метод изложен в [7]. В предвакционной выше работе эти задачи не решались. Исследовались возможности достижения предельной для языка программирования точности приближения искоемых функций на основе эвристического подбора параметров  $n$  и  $k$ . Нетрудно видеть, что такие возможности не представлялись бы, если бы в основе подхода не лежал перевод интерполяционного полинома в форму алгебраического полинома с числовыми коэффициентами при помощи алгоритма (2).

Необходимо отметить, что в случае решения задачи Коши для ОДУ эвристический подбор параметров  $n$  и  $k$  позволяет получить решение с существенно меньшей трудоемкостью, чем при автоматическом выборе этих параметров [7], причем без потери точности приближения, как отражено в примерах 1–4 и в табл. 1, 2. Показать эту возможность было одной из целей данной работы.

Объяснение сравнительно высокой точности предложенного метода заключается в следующем. Интерполяционные полиномы переводятся в форму алгебраических полиномов с числовыми коэффициентами на основе целочисленных преобразований их основных компонентов, как, напри-

мер, в (3)–(9). Эти компоненты становятся полиномами с целыми коэффициентами. Для компьютерной арифметики с плавающей точкой целочисленные операции наименее подвержены накоплению погрешности. Кроме того, переход к приближению функций на подынтервалах дает возможность минимизировать модуль остаточного члена интерполяции. Для полинома Лагранжа (3) оценка погрешности на подынтервале примет вид [3]:

$$|f(x) - P_n(x)| \leq \max_{[a_i, b_i]} \frac{|f^{(n+1)}(x)|}{(n+1)!} |(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_n)|.$$

Разности  $x - x_r$ , где  $x_r$  – узлы интерполяции, на достаточно малом подынтервале – правильные и соответственно малые по модулю дроби. Модуль произведения дробей

$\left| \prod_{r=0}^n (x - x_r) \right|$  дополнительно уменьшает модуль остаточного члена. Наконец,  $\max_{[a_i, b_i]} |f^{(n+1)}(x)|$  тем меньше, чем меньше

длина подынтервала  $[a_i, b_i]$ . Эти рассуждения применимы для преобразованных полиномов Лагранжа (16), (17) и Ньютона (18), (19). Однако с помощью обратной замены  $x = a_i + th_i$ ,  $h_i = (b_i - a_i)n^{-1}$  можно непосредственно оценить их остаточный член [7, 10], в результате оценка погрешности примет вид (13), (15). Мажоранта  $c 2^{-k(n+1)} h^{n+1} = c ((b - a)n^{-1}) 2^{-k(n+1)}$  показывает, что чем больше число подынтервалов  $[a_i, b_i]$  на  $[a, b]$  (соответственно, чем меньше их длина), тем меньше погрешность кусочной интерполяции.

Арифметика с плавающей точкой искажает оценки погрешности многих классических методов, исторически и математически для такой арифметики не предназначавшихся. Эти методы строились над полем вещественных (комплексных) чисел в абстрактном понимании числа, без ограничения разрядности, при естественной записи разрядов с фиксированной точкой. В компьютерной реализации арифметики с плавающей точкой для выравнивания порядков выполняется сдвиг мантииссы в ограниченной разрядной сетке с неизбежной потерей значащих цифр числа. Это происходит при выполнении практически каждой арифметической операции. С алгебраическим полем вещественных (комплексных) чисел такая арифметика имеет мало общего: в компьютере не те числа, не то сложение, не то умножение, не то деление. Классиче-

ские алгоритмы не эквивалентны их компьютерной реализации и искажаются ею. Так, расположение узлов интерполяции в полиноме Лагранжа по схеме Чебышева [3] для наименьшего отклонения от нуля остаточного члена интерполяции сохраняет вещественный тип узлов, которые предварительно вычисляются через тригонометрические функции. В результате применение этой схемы в компьютере для кусочной интерполяции элементарных функций не позволяет превзойти точность приближения порядка  $10^{-12}$ . Использование других классических полиномов [3] для кусочной интерполяции тех же функций даст точность приближения не выше  $10^{-15}$  (Delphi, C++).

Целесообразно отметить, что тема кусочно-интерполяционного вычисления функций сохраняет актуальность [11]. Для случая функций двух переменных аналог изложенного метода представлен в [12]. Перенос метода, описанного выше для ОДУ, на случай гиперболических уравнений в частных производных изложен в [13]. Непосредственно тема численного интегрирования ОДУ неизменно актуальна в отечественных и зарубежных работах [14, 15].

### Заключение

Действительные функции одной действительной переменной приближаются алгебраическими полиномами с числовыми коэффициентами с применением кусочной интерполяции. Полиномы получены преобразованием интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона с равноотстоящими узлами при помощи алгоритма восстановления коэффициентов полинома по его корням, отличного от формул Виета, а также не использующего уравнения Ньютона для симметрических функций корней. Метод применяется для приближения подынтегральных функций, что приводит к реализации аналога подхода Ньютона – Котеса для произвольной степени интерполяционного полинома. Вычисление интегралов и функций выполняется с точностью до  $10^{-20}$ . Метод позволяет вычислять производные функций с точностью до  $10^{-16}$ . Приближенное решение задачи Коши для ОДУ построено с использованием кусочной интерполяции на основе интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона, эквивалентно преобразованных к виду алгебраических полиномов с числовыми коэффициентами. С помощью преобразованных полиномов приближаются правые

части уравнений системы. Первообразные от полиномов – координаты приближенного решения. Процесс итерационно уточняется, в результате решение приближается со сравнительно высокой точностью. Численный эксперимент показывает вычислительную устойчивость решения жестких и нежестких задач в приемлемых границах трудоемкости.

### Список литературы

1. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т. 2. М.: Наука, 1962. 640 с.
2. Шевцов Г.С., Крюкова О.Г., Мызникова Б.И. Численные методы линейной алгебры. СПб. – М. – Краснодар: Лань, 2011. 496 с.
3. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т. 1. М.: Наука, 1966. 632 с.
4. Хайрер Э., Нерсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи. М.: Мир, 1990. 512 с.
5. Хайрер Э., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи. М.: Мир, 1999. 685 с.
6. Margheri A., Ortega R., Rebelo C. Dynamics of Kepler problem with linear drag. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. 2014. 120. P. 19–38.
7. Джанунц Г.А., Ромм Я.Е. Варьируемое кусочно-интерполяционное решение задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений с итерационным уточнением // *Ж. вычисл. матем. и матем. физ.* 2017. Т. 57. № 10. С. 1641–1660.
8. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. II // *Кибернетика и системный анализ*. 2007. № 2. С. 161–174.
9. Авдюшев В.А. Интегратор Гаусса – Эверхарта // *Вычислительные технологии*. 2010. Т. 15. № 4. С. 31–47.
10. Ромм Я.Е., Джанунц Г.А. Компьютерный метод варьируемой кусочно-полиномиальной аппроксимации функций и решений обыкновенных дифференциальных уравнений // *Кибернетика и системный анализ*. 2013. № 3. С. 169–189.
11. WO application 2019226385, Haener Thomas, Roetteler Martin H, Svore Krysta M, «Evaluating quantum computing circuits in view of the resource costs of a quantum algorithm», published 2019-11-28, assigned to Microsoft technology licensing LLC.
12. Голиков А.Н. Моделирование электрон-фононного рассеяния в нанопроволоках на основе кусочно-полиномиального приближения функций двух переменных с минимизацией временной сложности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Таганрог. Изд-во ЮФУ. 2012. 16 с.
13. Ромм Я.Е., Джанунц Г.А. Варьируемое кусочно-интерполяционное решение задачи Коши для уравнения переноса с итерационным уточнением // *Современные наукоемкие технологии*. 2020. № 1. С. 21–46.
14. Awoyemi D.O., Kayode S.J., Adoghe L.O. A Five-Step P-Stable Method for the Numerical Integration of Third Order Ordinary Differential Equations. *American Journal of Computational Mathematics*. 2014. № 4. P. 119–126.
15. Pchelintsev A.N. An accurate numerical method and algorithm for constructing solutions of chaotic systems. *Journal of Applied Nonlinear Dynamics*. 2020. 9 (2). P. 207–221.

УДК 62-1/-9

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛА РАЗМОТКИ РУЛОНА ТЕКСТИЛЬНЫХ И ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

<sup>1</sup>Степанов П.Е., <sup>2</sup>Усов А.Г.

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа печати и медиатехнологий, Санкт-Петербург, e-mail: pestepanov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Институт информационных технологий и автоматизации, Санкт-Петербург, e-mail: usovusov@gmail.com

В статье рассматривается задача разработки математической модели узла размотки рулона. Предложена уточнённая математическая модель, учитывающая наличие сенсорного вала на участке между рулоном и парой тянущих валиков. Поперечное сечение рулона представлено спиралью с постоянным шагом, определяемым как длина нормали между любыми двумя соседними витками. Предполагается, что в рассматриваемой системе обеспечивается постоянство силы натяжения; в качестве тормоза рулона используется электродвигатель постоянного тока. С целью устранения искажений частотных характеристик, для исследования колебаний в системе рассматривается вариант с разомкнутым управлением; управляющее воздействие, подаваемое на электродвигатель, устанавливается равным номинальному, полученным в результате проведения касательной линеаризации в окрестностях режима стабилизации. В силу предположения о непостоянстве параметров гармоник частотный анализ скорости рулона выполняется с помощью локального преобразования Фурье. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что колебания, инициируемые рулоном, имеют две основные частоты, на начальном этапе размотки слабо изменяющиеся линейно, обусловленные как задаваемой формой внешнего витка спирали поперечного сечения, так и смещением оси вращения рулона относительно центральной оси.

**Ключевые слова:** узел размотки, идеальный рулон, касательная линеаризация, спектрограмма колебаний, разомкнутое управление

## MATHEMATICAL MODELING OF A UNIT FOR UNWINDING A WEB OF TEXTILE AND POLYGRAPHIC MATERIALS

<sup>1</sup>Stepanov P.E., <sup>2</sup>Usov A.G.

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Higher School of Printing and Media Technologies, Saint Petersburg, e-mail: pestepanov@yandex.ru;

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Institute of Information Technologies and Automation, Saint Petersburg, e-mail: usovusov@gmail.com

The article deals with the problem of developing a mathematical model of the web unwinding unit. A refined mathematical model of the system with a sensor shaft between the roll and pulling rollers is proposed. The cross-section of the web is represented by a spiral with a constant pitch, defined as the length of the normal between any two adjacent turns. It is assumed that the constancy of the tense force in the system is ensured; DC motor is used as brake. In order to eliminate distortions of frequency characteristics and to study oscillations in the system, a variant with open-loop control system is considered; the control action supplied to the electric motor is set equal to the nominal one obtained as a result of tangential linearization close to the stabilization mode. Due to the assumption that the harmonic parameters are not constant, the frequency analysis of the web speed is performed using the local Fourier transform. Based on the results obtained, it can be concluded that the oscillations initiated by the web consist of two main frequencies, which at the initial stage of unwinding vary slightly linearly, due to the specified shape of the outer turn of the helix of the cross section as well as to the shift of the web rotation axis relative to the central axis.

**Keywords:** unwinding unit, ideal web, tangential linearization, vibration spectrogram, open-loop control

В технологических процессах текстильной и лёгкой промышленности часто используется оборудование для размотки рулона как на этапе подготовительных работ, так и на этапе основного производства. Размотка рулона может осуществляться как непрерывно, так и с остановками для отмеривания необходимой длины. При размотке материала требуется обеспечить контроль ряда показателей, среди которых важнейшими являются скорость полотна и сила его натяжения. На эти показатели оказывают влияние некоторые факторы, среди которых

присутствуют характеристики рулона (форма втулки, рулона, механические характеристики и состояние материала внутри рулона), характеристики системы размотки и системы управления, конструктивные особенности узла размотки. Какие-либо нарушения этих показателей, к примеру непостоянство силы натяжения полотна, могут привести к образованию петель, складок и т.п. Нарушение заданной скорости движения полотна сказывается как на силе натяжения, так и на колебаниях полотна, инициирующихся непосредственно рулоном.

При решении задач модернизации существующего оборудования проектируются новые системы управления устройств размотки. Следствием неидеальной формы рулона и погрешности установки рулона в машину является возникновение колебаний; очевидно, их параметры будут изменяться в процессе размотки ввиду изменений параметров рулона [1]. В проектируемой системе управления размоткой рулона должен обеспечиваться учёт указанных факторов.

В настоящей статье рассматривается задача разработки математической модели

узла размотки с учётом геометрии втулки и рулона и расположения оси вращения втулки.

### Материалы и методы исследования

В качестве примера рассмотрим узел размотки рулона, показанной на рис. 1, где 1 и 1' – пара разматывающих цилиндров, 2 – сенсорный вал, 3 – рулон, 4 – втулка, 5 – полотно материала. Обозначим:  $r_n$  – радиус натяжения,  $r_{ep}$  – радиус вращения,  $\omega_2$  – угловая скорость рулона.

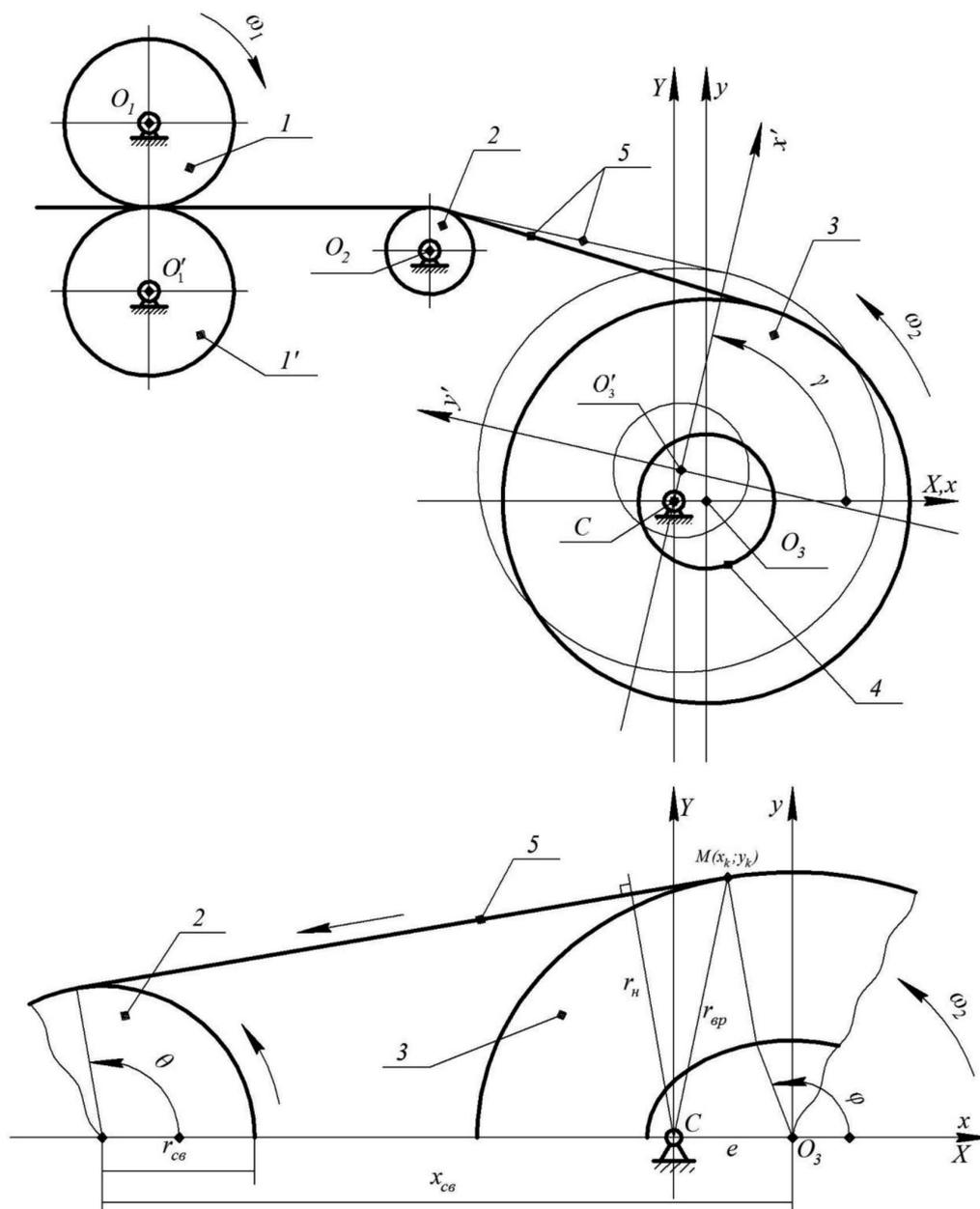


Рис. 1. Схема узла размотки рулона

Будем считать рулон абсолютно твёрдым телом, вращающимся вокруг неподвижной оси  $O_3z$ , перпендикулярной плоскости рисунка. При размотке рулона на него действует сила натяжения  $F$ , создающаяся разностью скоростей рулона и пары разматывающих цилиндров, момент силы трения в подшипниках качения в опорах  $M_m$  и момент, создаваемый электродвигателем в режиме противотключения  $M_\delta$ . Для рассматриваемой расчётной схемы нетрудно записать [2]:

$$\frac{d}{dt}(J_p \omega_2) = Fr_n - M_m - M_\delta, \quad (1)$$

где  $J_p$  – момент инерции рулона. Момент трения подшипника в первом приближении можно описать как произведение радиальной нагрузки  $F_r$ , радиуса подшипника и коэффициента трения; в свою очередь, радиальная нагрузка определяется массой рулона [3, 4]:

$$M_m = f_m F_r r_{nu} = f_m r_{nu} M_p g, \quad (2)$$

где  $f_m$  – коэффициент трения,  $r_{nu}$  – радиус подшипника,  $M_p$  – масса рулона,  $g$  – ускорение свободного падения. Составляя уравнение будем относительно скорости рулона  $v_p$ , для чего найдём её производную по времени:

$$\frac{dv_p}{dt} = \frac{d}{dt}(\omega_2 r_{ep}) = \frac{d\omega_2}{dt} r_{ep} + \frac{dr_{ep}}{dt} \omega_2, \quad (3)$$

объединяя (1), (2) и (3), после преобразований получаем

$$\frac{dv_p}{dt} = -\frac{v_p}{J_p} \frac{dJ_p}{dt} + \frac{dr_{ep}}{dt} \frac{v_p}{r_{ep}} - \frac{r_{ep}}{J_p} C_{nu} M_p + \frac{r_{ep} r_n}{J_p} F - \frac{r_{ep}}{J_p} M_\delta, \quad (4)$$

где  $C_{nu} = f_m r_{nu} g = Const$ .

Момент инерции  $J_p$  является композицией функций  $J_p = J(\gamma, \varphi(\gamma))$ . С учётом этого можно записать, что

$$\frac{dJ_p}{dt} = \frac{dJ}{d\varphi} \frac{d\varphi}{d\gamma} \frac{d\gamma}{dt} = \frac{dJ}{d\varphi} \frac{d\varphi}{d\gamma} \omega_2. \quad (5)$$

Аналогично выглядит выражение для производной от радиуса вращения. Подставим (5) в (4):

$$\frac{dv_p}{dt} = -\frac{v_p^2}{J_p r_{ep}} \frac{dJ_p}{d\gamma} + \frac{v_p^2}{r_{ep}^2} \frac{dr_{ep}}{d\gamma} - \frac{r_{ep}}{J_p} C_{nu} M_p + \frac{r_{ep} r_n}{J_p} F - \frac{r_{ep}}{J_p} M_\delta. \quad (6)$$

Получившееся выражение (6) является нелинейным дифференциальным уравнением первого порядка относительно  $v_p$ . Для его решения создадим S-модель в пакете Simulink программы MATLAB (рис. 2) [5]. В S-модели  $M_\delta = 0$ .

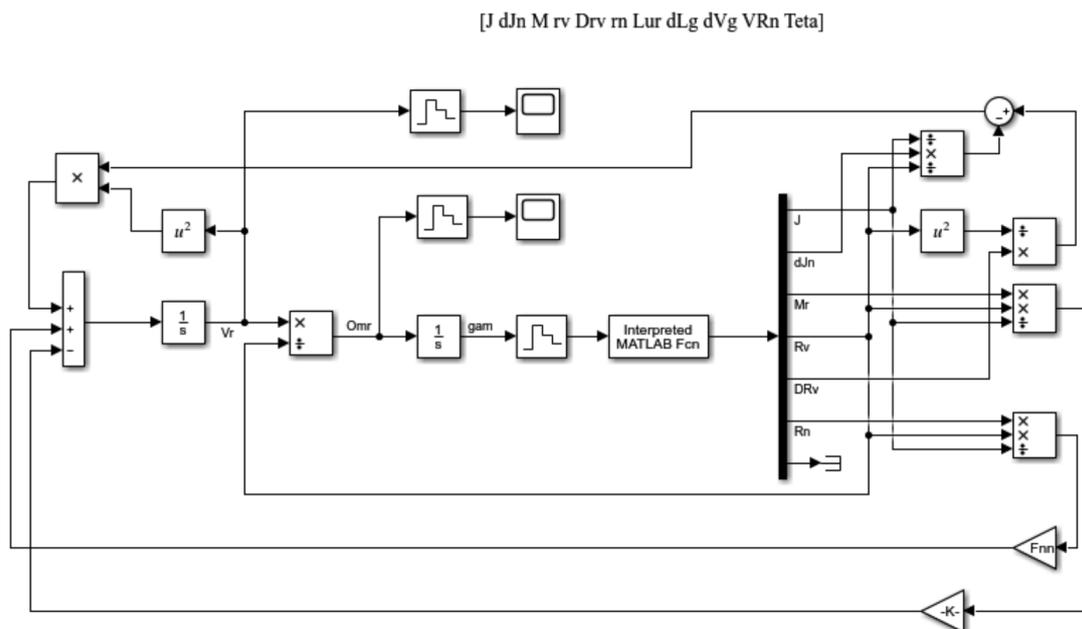


Рис. 2. S-модель

Для моделирования использовались следующие исходные данные: поперечное сечение втулки представлено эллипсом с полуосями 36,1 мм и 39,9 мм,  $r_{ce} = 100$  мм,  $x_{ce} = 1$  м, поверхностная плотность полотна 60 г/м<sup>2</sup>, ширина полотна 1,2 м,  $M_p^p = 700$  кг,  $F = 500$  Н. На рис. 3 показан график  $v_p(t)$  при начальном условии  $v_p(0) = 5$  м/с, что соответствует работе системы в режиме стабилизации.

Нетрудно догадаться, что при отсутствии тормозного момента, создаваемого электродвигателем или иным каким механическим устройством, в условии сохранения постоянной силы натяжения скорости рулона непременно возрастать, что и продемонстрировано на рис. 3. В режиме стабилизации скорость и сила натяжения полотна должны быть постоянными во избежание, к примеру, обрыва вследствие неконтролируемой подачи. Применение законов управления с обратной связью исказит частотные характеристики, в связи с чем воспользуемся разомкнутым управлением, задав некое номинальное управляющее воздействие. Составим выражение момента электродвигателя постоянного тока с постоянными магнитами [6]:

$$M_\delta = c_{m1} \frac{u_1 + c_{e1} \omega_2}{R_1} = \omega_p \frac{c_{m1} c_{e1}}{R_1} + \frac{c_{m1}}{R_1} u_1 = v_p \frac{1}{r_{ep}} \frac{c_{m1} c_{e1}}{R_1} + \frac{c_{m1}}{R_1} u_1, \quad (7)$$

где  $c_{e1}$  – константа противо э.д.с.,  $c_{m1}$  – постоянная момента,  $R_1$  – сопротивление обмотки статора,  $u_1$  – напряжение, подаваемое на обмотку статора, – управляющее воздействие. Подставим (7) в (6):

$$\frac{dv_p}{dt} = v_p^2 \left( \frac{1}{r_{ep}^2} \frac{dr_{ep}}{d\gamma} - \frac{1}{J_p r_{ep}} \frac{dJ_p}{d\gamma} \right) - v_p \frac{c_{m1} c_{e1}}{J_p R_1} - \frac{r_{ep} c_{m1}}{J_p R_1} u_1 - \frac{r_{ep}}{J_p} C_{nu} M_p + \frac{r_{ep} r_n}{J_p} F. \quad (8)$$

Уравнение (8) классифицируется как нелинейное и нестационарное, однако, строго говоря, в данной модели коэффициенты уравнения рассчитываются от угла поворота и ни прямой, ни неявной зависимости от времени нет. Можно свести уравнение (8) к нелинейному дифференциальному относительно  $\gamma(t)$ , устранив тем самым нестационарность. Воспользуемся методом касательной линеаризации в окрестности номинального режима. Предварительно введём в рассмотрение номинальные, то есть желаемые значения регулируемых переменных и их отклонения: скорость –  $v_p = v_p^h + x$  и управляющее воздействие –  $u_1 = u_n + \tau$ ; безусловно, отклонения распространяются и на  $\gamma(t)$  [7]:

$$\begin{aligned} \frac{dv_p^h}{dt} + \frac{dx}{dt} = (v_p^h + x)^2 \left[ \frac{1}{r_{ep}^2} \frac{dr_{ep}}{d\gamma} - \frac{1}{J_p r_{ep}} \frac{dJ_p}{d\gamma} \right] - \\ - (v_p^h + x) \frac{c_m c_e}{J_p R} - \frac{r_{ep} c_m}{J_p R} (u_n + \tau) - \frac{r_{ep}}{J_p} C_{nu} M_p + \frac{r_{ep} r_n}{J_p} F. \end{aligned} \quad (9)$$

Найдём значение номинального управляющего воздействия, для чего примем  $x = 0$ ,  $\tau = 0$ :

$$\frac{dv_p^h}{dt} = (v_p^h)^2 \left[ \frac{1}{r_{ep}^2} \frac{dr_{ep}}{d\gamma} - \frac{1}{J_p r_{ep}} \frac{dJ_p}{d\gamma} \right] - v_p^h \frac{c_m c_e}{J_p R} - \frac{r_{ep} c_m}{J_p R} u_n - \frac{r_{ep}}{J_p} C_{nu} M_p + \frac{r_{ep} r_n}{J_p} F.$$

Отсюда найдём

$$u_n = (v_p^h)^2 \left[ \frac{J_p}{r_{ep}^3} \frac{dr_{ep}}{d\gamma} - \frac{1}{r_{ep}^2} \frac{dJ_p}{d\gamma} \right] \frac{R}{c_m} - v_p^h \frac{c_e}{r_{ep}} - \frac{RC_{nu}}{c_m} M_p + \frac{Rr_n}{c_m} F - \frac{J_p R}{r_{ep} c_m} \frac{dv_p^h}{dt}. \quad (10)$$

Результат моделирования при  $v_p(0) = 5$  м/с,  $c_{m1} = 5,5 \frac{\text{Нм}}{\text{А}}$ ,  $c_{e1} = 4,5 \frac{\text{Вс}}{\text{рад}}$ ,  $R_1 = 3$  Ом показан на рис. 4.

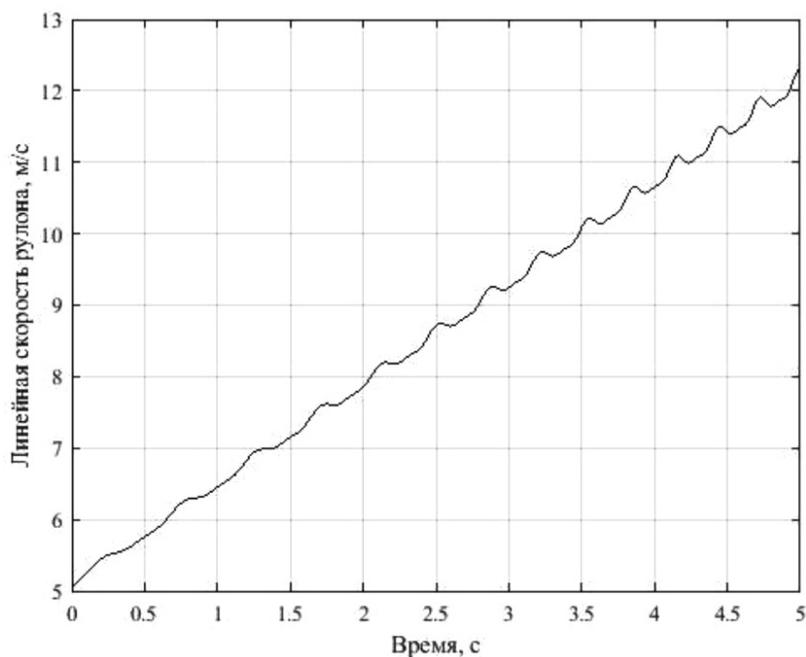


Рис. 3. Зависимость линейной скорости при  $v_p(0) = 5 \text{ м/с}$

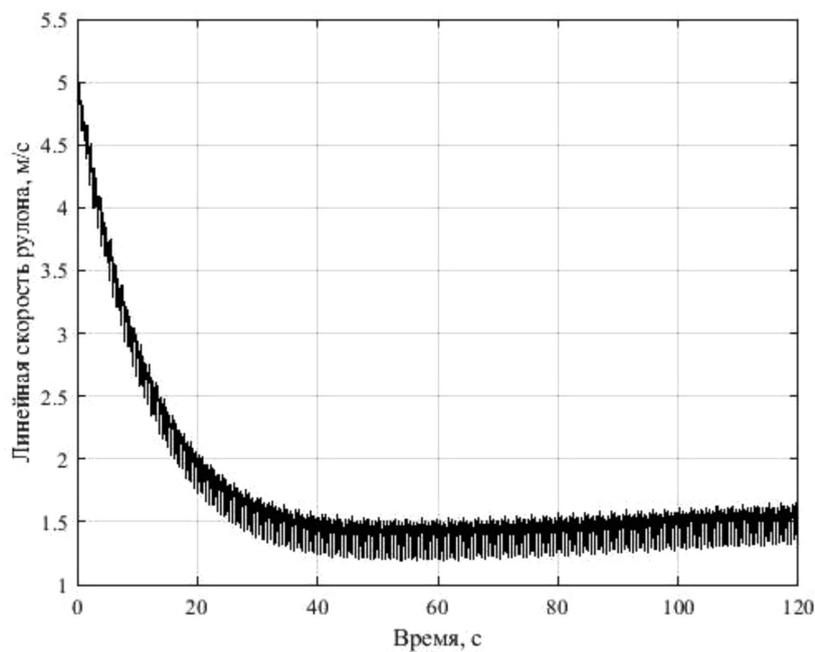


Рис. 4. Зависимость  $v_p(t)$

Как видно из рис. 4, учёт в математической модели  $M_0$  обеспечил начальную стабилизацию «неколебательной» составляющей.

В силу изменения параметров колебаний, для частотного анализа воспользуемся локальным оконным преобразованием Фурье (ОПФ) и построим спектрограмму ско-

рости рулона [8]. Как известно, локальное ОПФ подвержено принципу неопределённости, согласно которому невозможно получить одновременно хорошее разрешение по частоте и по времени. Анализу подвергается часть сигнала, принадлежащего временному интервалу  $t \in [40, 120]$  с вычтен-

ной полиномиально-аппроксимированной составляющей. Интервал квантования взят равным 0,001 с; частота дискретизации, следовательно, 1 кГц. Количество рассчитываемых временных интервалов  $k_t$  в зависимости от длины исследуемого сигнала  $N_p$ , ширины оконной функции  $N$  и процента перекрытия  $p$  выражается следующей формулой [9]:

$$k_t = \frac{N_t - Np/100}{N - Np/100}.$$

Ширину оконной функции можно выбрать, зная минимальное разрешение по частоте  $df$ , частоту дискретизации  $F_s$  и нормированную ширину главного лепестка АЧХ оконной функции по нулевому уровню  $F_0$  [10]:

$$N > F_0 \frac{F_s}{df}.$$

Исходя из предположения, что частоты гармоник будут приблизительно кратны угловой скорости, а также основываясь на начальных данных, согласно которым угловая скорость в начале исследуемого процесса составит  $\approx 3$  рад/с, выберем максимальное значение минимального разрешения по частоте  $0,7879$  рад/с =  $0,1254$  Гц. В качестве оконной функции выберем окно Хэмминга с подавлением 42 дБ ( $F_0 = 4$ ), шириной  $2^{15}$  точек; перекрытие 75%. По-

строим спектрограмму скорости рулона при тех же исходных параметрах (рис. 5); интенсивность цвета показывает амплитуду частотных составляющих.

Как можно заметить, ОПФ выделяет две основные частоты: 10 и 20 рад/с, слабо изменяющиеся линейно.

### Выводы

В данной статье было выполнено математическое моделирование рулона в узле размотки. Рассматривалось движение рулона под действием постоянной силы натяжения полотна материала в условиях отсутствия какого-либо тормозного элемента и при наличии электродвигателя постоянного тока, работающего в режиме противовключения. Как и ожидалось, отсутствие тормоза приводит к увеличению скорости рулона.

Применение электродвигателя как тормоза рулона привело к начальной стабилизации скорости рулона. Необходимо отметить, что получившаяся система классифицируется как система с разомкнутым управлением. Колебания скорости рулона, инициирующиеся самим рулоном, объясняются отсутствием обратной связи и основного алгоритма управления в системе.

Исследование получившихся результатов посредством оконного преобразования Фурье показало наличие двух основных гармоник с медленно изменяющимися частотами для выбранного интервала.

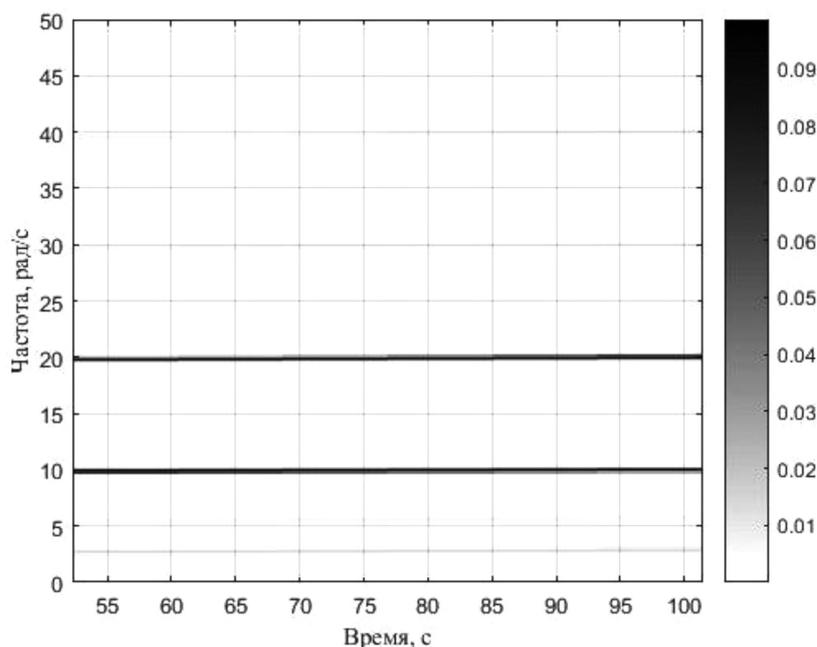


Рис. 5. Спектрограмма линейной скорости рулона

В дальнейшем полученные результаты будут использованы при моделировании узла размотки, всей перемоточной машины и синтезе алгоритма управления ей.

#### Список литературы

1. Степанов П.Е., Усов А.Г., Блоков М.П. Разработка математической модели разматываемого рулона в листорезальной машине // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2019. № 3. С. 34–40.
2. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. М.: Издательство «Высшая школа», 1966. 830 с.
3. Трение в подшипниках качения. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.detalmach.ru/spravka817.htm> (дата обращения: 01.12.2020).
4. Коэффициент трения, допустимые окружные скорости подшипников качения. [Электронный ресурс]. URL: <https://inzhener-info.ru/razdely/konstruirovaniye/opory-kacheniya/koeffitsient-treniya-dopustimye-okruzhnye-skorostipodshipnikov-kacheniya.html> (дата обращения: 01.12.2020).
5. Герман-Галкин Сергей Германович MATLAB & SIMULINK. М.: Корона-Век, 2014. 368 с.
6. Математическая модель дпт. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/6365744/page:11/> (дата обращения: 01.12.2020).
7. Линеаризация уравнения динамики. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.toehelp.ru/theory/tau/lecture03.htm> (дата обращения: 01.12.2020).
8. Павлейно М.А., Ромаданов В.М. Спектральные преобразования в MATLAB: учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс]. URL: <https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/5516/1/Спектральные%20преобразования%20в%20MATLAB%20%281%29.pdf> (дата обращения: 01.12.2020).
9. Spectrogram. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/help/signal/ref/spectrogram.html> (дата обращения: 01.12.2020).
10. Использование оконных функций в задачах цифрового спектрального анализа. Примеры и рекомендации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dsplib.ru/content/winex/winex.html> (дата обращения: 01.12.2020).

УДК 004.771

## **РАЗРАБОТКА ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ С ОТПРАВКОЙ УВЕДОМЛЕНИЙ «УМНЫЙ ДОМ» НА ПЛАТФОРМЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА ARDUINO**

**Хасанова С.Л., Беляев Б.В., Шарипова Р.Р.**

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета,  
Стерлитамак, e-mail: hasanovasl@rambler.ru*

В настоящее время стало бурно развиваться направление создания устройств умного дома. Полученное устройство может применяться не только в домашних апартаментах, но и будет полезным в помещениях частных предпринимателей и организаций. Одной из важных функций системы умного дома является охранная сигнализация. В данную функцию, как правило, входят датчики движения и система оповещения. Для самостоятельной разработки устройства умного дома, которое будет иметь возможность управления и оповещения владельца о присутствии какого-либо движения в помещении, потребуются микроконтроллеры и ряд определенных датчиков. Прежде всего, необходимо будет выбрать нужную модель платы микроконтроллера, так как различия между платами могут значительно ограничить возможности выполнения работы. Данная статья описывает разработку охранной системы с поддержкой уведомлений при использовании микрокомпьютера Arduino с возможностью смены режимов работы и информирования пользователя о срабатывании. Кроме того, описаны шаги разработки и основные элементы кода, которые помогают совершать звонок на телефон до тех пор, пока владелец не сбросит вызов, что поможет системе получить данные об успешном информировании владельца.

**Ключевые слова:** умный дом, Arduino, GSM модуль, датчик

## **DEVELOPMENT OF A SECURITY SYSTEM WITH SENDING NOTIFICATIONS SMART HOME ON THE ARDUINO MICROCOMPUTER PLATFORM**

**Hasanova S.L., Belyaev B.V., Sharipova R.R.**

*Sterlitamak branch of the Bashkir State University, Sterlitamak,  
e-mail: hasanovasl@rambler.ru*

Currently, the direction of smart home devices has begun to develop rapidly. The resulting device can be used not only in domestic apartments, but will be useful in the premises of private entrepreneurs and organizations. One of the important functions of a smart home system is a security system. This function usually includes motion sensors and a security system. To independently develop a smart home device, which will have the ability to control and alert the owner of the presence of any motion in the room, will require microcontrollers and a number of certain sensors. First of all it will be necessary to choose the right model of microcontroller board, because the differences between the boards can carry tangible limitations on the performance of the work. This article describes the development of a security system with support for notifications using an Arduino microcomputer with the possibility of changing the operation modes and informing the user about the triggering. In addition, the development steps and basic code elements are described to help make a call to the phone until the owner resets the call, which will help the system understand about successful informing the owner.

**Keywords:** smart home, Arduino, GSM module, sensor

В настоящее время компании и одиночки-энтузиасты стали применять технологии автоматизации для управления техникой и оборудованием. Системы типа «Умный дом» прочно обосновались в данной сфере и с каждым годом набирают популярность. Такие системы позволяют добиваться высочайшего уровня автоматизации при возможности контроля за техникой в любой момент времени путем удаленного доступа с использованием пультов и различных гаджетов, таких как сотовый телефон. В функционале систем типа «Умный дом» часто присутствует охранная сигнализация. Чаще всего наличие данной функции в системе сопряжено с большими финансовыми затратами, а также не предполагает внесения изменений в работу системы.

Правильно написанный программный код, а также корректное использование микроконтроллеров и датчиков дают возможность разработать собственную систему охранной сигнализации.

Целью исследования являлась разработка охранной системы, которая имеет возможность переключения между режимами работы и автоматической системой оповещения о срабатывании.

### **Материалы и методы исследования**

Разработками в области охранной системы занимались многие российские и зарубежные исследователи. Реализацию умного дома и его плюсы раскрыл А.С. Авдеев [1]. В. Петин [2] в своей работе обозначил основы разработки с использова-

нием микрокомпьютера Arduino. В статье L. Muniraj и иных [3] приведена разработка системы «Умный дом» с применением LabVIEW. Описанием системы распознавания активности пользователей занимались M. Rawashdeh и др. [4].

Система охранной сигнализации является комплексом технических устройств и оборудования, который позволяет обнаружить несанкционированное проникновение в охраняемую зону.

Основными устройствами системы охранной сигнализации служат датчики движения и система оповещения. Цепочка действий начинается с датчиков, которые передают данные контроллерам. Контроллеры, в свою очередь, самостоятельно принимают решение (но также могут работать совместно с актуатором, преобразующим электрические сигналы в физическое действие). Нами было решено работать с микроконтроллером Arduino, который является физической вычислительной платформой с открытым исходным кодом. Преимуществом используемой платформы служит возможность применения сторонних плат расширения (LoRa, GPS и GSM модули и др.), которые позволяют передавать сигналы с помощью проводной или беспроводной связи.

Стоит сказать, что между собой базовые версии платформ Arduino отличаются объемом встроенной памяти и количеством входов/выходов. Для нашего проекта было решено использовать плату расширенной функциональности Arduino Mega 2560, поскольку она имеет большее количество необходимых нам аналоговых портов. Рабочее напряжение Arduino в базовых моделях 3,3 В, а не 5 В. Питание и программирование платформы осуществляются через USB, что позволяет питаться от ПК.

Программируется платформа через собственную интегрированную среду разработки Arduino IDE, языком программирова-

ния Arduino является собственный диалект C++. Для персонализации системы умного дома используется подключение множества датчиков и кнопок управления внешними устройствами.

Было решено установить датчик движения – сигнализатор, фиксирующий перемещение объектов. Для этого был выбран инфракрасный датчик движения HC-SR501. Основным действующим компонентом такого изделия является пироэлектрический элемент. Над датчиком установлена линза в форме полусферы со множеством сегментов. Собственно, эти маленькие линзы передают тепловое излучение на ПИР-датчик. Так как любой живой объект излучает тепло, он хорошо виден в инфракрасном диапазоне. Современные бинокли, оборудованные «ночным зрением», прекрасно видят и обнаруживают присутствие живых существ, которые излучают инфракрасные волны. Следовательно, любое живое существо не останется незамеченным таким датчиком, конечно, если попадет в зону его действия. Если в зону действия первого элемента попадает инфракрасное излучение от человека, на этом элементе возникнет положительный электрический всплеск, человек продолжает движение – его термический фон, преломляясь через линзы Френеля, оказывается на следующем PIR-элементе, второй компонент вырабатывает уже отрицательный всплеск, датчик регистрирует два разнонаправленных импульса, после этого он подает сигнал на GSM модуль SIM800L EVB V2.0, что в поле действия датчика попал человек. Модуль производит вызов на телефон до тех пор, пока звонок не будет сброшен.

М.С. Устелемова [5] описала разработку системы «Умный дом» на основе GSM модулей для обеспечения связи компонентов. Так реализуется система оповещения контроля доступа на объекте (код 1,2).

```

if (mode == 1) {
    if (digitalRead(senOp)) {
        gsm.println(TELLNUMBER);
        delay(2500);
        if (gsm.find("NO CARRIER")) {
            mode = 2;
            EEPROM.write(0, mode);
        }
    }
}

```

*Код 1 – информирование об засеченном движении*

```

int hcrs = 7;
int ledPin = 13;
int val = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(hcrs, INPUT); // открыть сеанс связи с компьютером
                        // определить выходной контакт для датчика
}

void loop() {
  val = digitalRead(hcrs); // считываем состояние датчика
  if (val == HIGH);       // если есть движение
  digitalWrite(hcrs,HIGH); // включить светодиод
  Serial.println("Motion!"); // передать на компьютер "Motion!"
}
else (
  digitalWrite(ledPin, LOW); // иначе выключить светодиод
}
delay(1000);                // подождать секунду
}

```

*Код 2 – реализация датчика движения*

Для работы модуля обнаружения движения нет необходимости использовать готовые библиотеки из-за простоты устройства модуля. Достаточно читать показания назначенного порта модуля. Однако следует учесть, что после подачи питания модуль не сразу выйдет на нужный режим работы, он должен завершить калибровку в течение 1 минуты после подачи питания при старте работы. При срабатывании датчика на выход будет подана логическая единица, таким образом, никакой дополнительной поддержки реализации со стороны микрокомпьютера Arduino не требуется.

В зависимости от настроенных вручную физически на модуле параметров обнаружения поменяется и работа модуля, управлять программно этими параметрами возможности нет. Можно выбрать режим работы постоянной подачи логической единицы какое-то время при нескольких срабатываниях, это будет полезно, чтобы минимизировать оповещение при единичном улавливании движения. Дистанция обнаружения может быть отрегулирована от 3 до 7 метров, а задержка подачи следующей единицы при следующем срабатывании – от 5 до 300 секунд.

Включение и выключение сигнализации достигается путем использования модульной клавиатуры. При нажатии определенной комбинации клавиш и вводе заданного в коде пароля происходит проверка пароля в базе, созданной при разработке; в случае, если пароль совпадает, сигнализация включается или выключается в зависимости от текущего состояния.

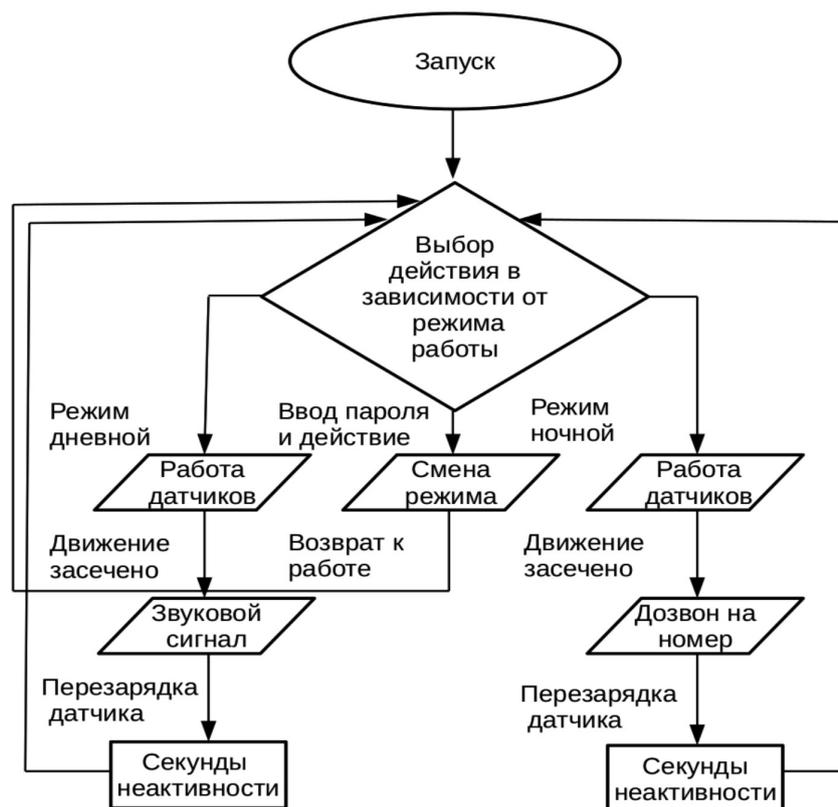
Задача программы – выполнять заданные функции во встроенной функции цикла на микроконтроллере Arduino в зависимости от выбранного режима работы.

Программный код представляет собой объявление функций и бесконечный цикл, в котором последовательно выполняются определенные функции, как отражено на рисунке.

Следует описать назначение основных функций кода управляющей программы для микроконтроллера.

Функция Night() содержит код, выполняющийся при переводе устройства в режим охранной системы оповещения. Цвет светодиода устройства меняется на пурпурный для удобства идентификации режима работы пользователем. При выполнении функция проверяет наличие движения от любого из датчиков. При обнаружении движения выполняется короткий звонок на номер, указанный в коде с выбранными параметрами. В этом режиме работы датчики должны быть установлены на срабатывание на каждое одновременное движение.

Функция Day() выполняется по умолчанию в цикле, если устройство не переведено в другой режим и выполняет несколько действий – устанавливает цвет светодиода зелено-красный и проигрывает заданную мелодию с хранилища на SD-карте при обнаружении движения. В коде функции задается имя файла, подготовленного для звукового оповещения. Функция завершается до дальнейшего вызова в цикле loop().



Блок-схема управляющей программы

Функция PIR(byte inputPin) требует указания номера пина, к которому подключен датчик движения на плате микрокомпьютера Arduino. Указан путь к именно одному из аналоговых пинов, который она считывает, выполняет парсинг, берет из него значения параметров и сравнивает с заданным значением покоя, обычно это 500. Считывание движения приводит к возвращению параметра true функцией. Функция вызывается в цикле в функции и Day и Night после установки цвета светодиода функцией led\_on.

Функция password служит для проверки пароля. Вызов этой функции происходит в функции Check\_pass в цикле loop. Задача этой функции – произвести сравнение с указанным паролем, обеспечить ввод с клавиатуры и проверить с помощью двух массивов комбинацию. Возвращает параметр правды или лжи.

Функция led\_on обеспечивает работу светодиода и принимает три параметра для изменения цвета. Эти параметры считываются функцией setColor, а delay заставляет светодиод останавливать свечение, вызывая моргания света.

Функция keypadEvent служит для вызова функции password при нажатии кнопки смены режима работы на клавиатуре, в нашем случае символа «#». Если проверка пароля удачна, осуществляется переключение текущего режима работы на следующий.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Полученный охранной аппаратно-программный комплекс выполняет требуемые задачи, однако его структура позволяет расширить функциональность путем реализации на аппаратном уровне на плате микроконтроллера и запрограммирования следующих функций:

- 1) связь с приемником сигналов оповещения через сеть Интернет;
- 2) возможность записи видеопотока при обнаружении движения;
- 3) работа дополнительных датчиков обнаружения по иным признакам обнаружения, например звуку.

#### Заключение

В ходе проделанной работы была разработана охранная система, имеющая

возможность переключения между режимами работы и автоматической системой оповещения.

Аппаратные платы Arduino – это отличное средство для создания прототипов устройств, но с финансовой точки зрения выгоднее собирать и программировать собственные платы с микроконтроллером.

#### Список литературы

1. Авдеев А.С. Разработка систем автоматизации жилых и офисных помещений «Умный Дом» // Катановские

чтения – 2014: сборник научных трудов студентов. 2014. С. 142–143.

2. Петин В.А. Создание умного дома на базе Arduino. М.: ДМК Пресс, 2018. 180 с.

3. Muniraj Lavanya, Kavita T., Brahma G.R.V., Amarnath K.T. Designing a simple smart house control using labview. 2014. V. 9. P. 26819–26829.

4. Rawashdeh Majdi, al Zamil Mohammed, Samarah Samer, Hossain M. Shamim, Muhammad Ghulam. A knowledge-driven approach for activity recognition in smart homes based on activity profiling. Future Generation Computer Systems. 2017. DOI: 10.1016/j.future.2017.10.031.

5. Устелемова М.С. Основы построения системы «умный дом»: учебное пособие. 2-е изд. М.: ИНТУИТ, 2016. 50 с.

## СТАТЬИ

УДК 378.147:378.661

**УЧЕБНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ МОТИВАЦИЯ СТУДЕНТОВ  
ВЫПУСКНОГО КУРСА МЕДИЦИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА****Алексеев С.Н., Гайворонская Т.В., Дробот Н.Н.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет»**Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар, e-mail: rector@ksma.ru*

В статье рассмотрены вопросы учебно-профессиональной мотивации студентов медицинского университета. Результаты получены путем добровольного анонимного анкетирования 238 студентов лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов. Выявлены мотивы поступления в медицинский вуз и получения профессии врача. Респондентам предложено ответить на вопросы об их отношении к различным формам организации учебного процесса, его направленности на учебно-профессиональную мотивацию и интеграции клинического и клипового мышления. Результаты исследования показали высокий уровень мотивации при выборе профессии врача. Авторы статьи считают, что начальную мотивацию, которая характеризовалась выбором врачебной специальности, необходимо формировать и развивать путем изменения подходов к организации процесса обучения – использование активных методов обучения в сочетании с демократической формой «преподаватель – студент», «студент – студент». В учебном процессе целесообразно учитывать особенности клинического и клипового мышления, разумность их конструктивной взаимосвязи, что повышает учебно-профессиональную мотивацию студентов и эффективность результата в подготовке будущего врача. Для актуализации мотивации необходимо сделать студента заинтересованным участником в процессе образовательной деятельности, так как пассивное обучение подавляет развитие мотивационной направленности в подготовке специалиста. Активное взаимодействие преподавателя и студента позволяет учащемуся осознать важность получения академических и практических знаний. Такой подход в педагогической работе вырабатывает понятие персональной ответственности, чувство долга и важности избранной врачебной профессии у студентов. Использование комплексных мер, направленных на мотивацию к обучению и овладению профессией, в течение 13 дней практических занятий повысило интерес к изучаемой дисциплине и усвоение материала с 23,6% до 77,5%. Развитие учебно-профессиональной мотивации – работа сложная и трудоемкая со стороны как преподавателя, так и студентов.

**Ключевые слова:** студенты, мотивация, медицинский вуз, клиническое и клиповое мышление, стили педагогического общения

**EDUCATIONAL AND PROFESSIONAL MOTIVATION OF STUDENTS  
OF THE GRADUATE COURSE OF THE MEDICAL UNIVERSITY****Alekseenko S.N., Gayvoronskaya T.V., Drobot N.N.***Kuban State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,**Krasnodar, e-mail: rector@ksma.ru*

The article deals with the issues of educational and professional motivation of medical university students. The results were obtained by voluntary anonymous questioning of 238 students of the medical, pediatric and dental faculties. The motives for enrolling in a medical university and obtaining the profession of a doctor were clarified, the respondents were asked to answer the questions of their attitude to various forms of organizing the educational process, its focus on educational and professional motivation and the integration of clinical and clip thinking. The results of the study showed a high level of motivation in choosing the profession of a doctor. The authors of the article believe that the initial motivation, which was characterized by the choice of a medical specialty, must be formed and developed by changing approaches to organizing the learning process – the use of active teaching methods in combination with the democratic form of «teacher – student», «student – student». In the educational process, it is advisable to take into account the peculiarities of clinical and clip thinking, the rationality of their constructive relationship, which increases the educational and professional motivation of students and the effectiveness of the result in training a future doctor. To actualize motivation, it is necessary to make the student an active participant in the process of educational activity, since passive learning suppresses the development of a motivational orientation in the training of a specialist. The active interaction of the teacher and the student allows the student to realize the importance of obtaining academic and practical knowledge. This approach in pedagogical work develops the concept of personal responsibility, a sense of duty and the importance of the chosen medical profession among students. The use of complex measures aimed at motivating people to learn and master a profession during 13 days of practical training increased interest in the discipline being studied and the assimilation of the material from 23.6% to 77.5%. The development of educational and professional motivation is a difficult and time-consuming work both on the part of the teacher and students.

**Keywords:** students, motivation, medical school, clinical and clip thinking, styles of pedagogical communication

В настоящее время качество подготовки высококвалифицированных врачей приобретает большую актуальность. В медицинском вузе необходим уровень подготовки будущих врачей, который бы соответство-

вал требованиям современного общества, выполнение запросов зависит от многих факторов. Это, прежде всего, мотивированный и осознанный выбор профессии врача, желание и понимание необходимости ов-

ладения знаниями, навыками и умениями, необходимыми во врачебной работе. Важнейшей задачей современной высшей медицинской школы является развитие личностного потенциала студента-медика, который способен самостоятельно мыслить на основе полученных в период обучения в медицинском вузе знаний, находить правильные профессиональные решения, осознавать последствия своих врачебных действий и нести ответственность перед пациентом [1, 2]. В образовательном процессе важным аспектом является развитие познавательного интереса у студентов путем комплексного подхода к развитию и повышению уровня учебно-профессиональной мотивации. Таким образом, решение поставленной проблемы связано с разработкой организационно-методических действий в образовательном пространстве с точки зрения развития познавательного потенциала с учетом особенностей мышления будущих специалистов. Вопросы мотивации рассматривали многие ученые, эта проблема актуальна и в современных условиях [3, 4]. Следует обратить внимание на то, что мотивация учебной деятельности – это соответствие целей, стоящих перед студентом, и внутренней активностью личности в стремлении получать профессиональные знания. Поэтому мотивы учебной и профессиональной деятельности необходимо оценивать во взаимосвязи с другими мотивами, которые транслируют стремления, интересы, потребности, идеалы обучающегося человека к плодотворной познавательной деятельности. Мотивация в учебном процессе заключается в совместной работе как преподавателя, добросовестно выполняющего свои профессиональные обязанности, так и студента, понимающего смысл и необходимость не столько в их пассивном восприятии, сколько в активном участии в процессе познания будущей профессии [5, 6]. «Для того чтобы учащийся по-настоящему включился в работу, – писал С.Л. Рубинштейн, – нужно, чтобы задачи, которые перед ним ставятся в ходе учебной деятельности, были не только поняты, но и внутренне приняты, т.е. чтобы они приобрели значимость для учащегося и нашли, таким образом, отклик и опорную точку в его переживаниях» [7]. Несмотря на большое количество научных публикаций, рассматривающих вопросы мотивации к обучению студентов, данная проблема нуждается в дальнейшем изучении и анализе относительно студентов медицинских вузов, так как это ведущая детерминанта в успешной подготовке будущего профессионала. Следовательно, возрастающие требования

к качественной подготовке специалистов, выпускников высших учебных медицинских заведений, вызывают необходимость менять и вносить коррективы в существующие образовательные подходы формирования учебно-профессиональной мотивации будущих специалистов.

Цель исследования: провести анализ учебно-профессиональной мотивации студентов выпускного курса медицинского университета.

#### **Материалы и методы исследования**

Для реализации поставленной цели в исследовании приняли участие 238 студентов выпускных курсов трех факультетов (лечебного – 93, стоматологического – 75, педиатрического – 70 студентов) Кубанского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения РФ. Анкетирование для изучения мотивов проводилось добровольно и анонимно. Возраст студентов, принимающих участие в исследовании, 22–23 года. В анкете респондентам предложено ответить на вопросы о мотивах поступления в медицинский вуз, об отношении к различным стилям общения преподаватель – студент. Проведен анализ влияния стилей педагогического общения и взаимосвязи клинического и клипового мышления на становление учебно-профессиональной мотивации у 72 студентов 6 курса педиатрического факультета.

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

Для изучения мотивов, побудивших поступить в медицинский вуз, респондентам предложено ответить на вопросы анкеты, по результатам которой можно сделать выводы о причинах получить профессию врача: «Совет родителей, друзей»; «Престижность профессии»; «Традиции семьи»; «Приносить пользу людям»; «Материальная заинтересованность»; «Стремление к самореализации»; «Возможность заботиться о здоровье близких и своем». При заполнении анкеты студенты могли указать несколько вариантов ответов. В общей выборке по факультетам приоритетными мотивами получить высшее медицинское образование и стать врачом явились следующие: «Приносить пользу людям» – 53,6%; «Стремление к самореализации» – 43,3%; «Престижность профессии» – 36,4%; «Возможность заботиться о здоровье близких и своем» – 35,7%. Мотив «Материальная заинтересованность» мало привлекал респондентов – 15,3%. При зачислении в вузы существуют различные категории абитуриентов и формы образовательных услуг: бюджетная за счет средств федераль-

ного и регионального бюджета: свободный конкурс, по квоте, целевой прием; платная на основе заключения договоров по оказанию платных образовательных услуг. Рассмотрены ответы студентов о мотивах поступления в медицинский вуз в зависимости от категории зачисления. Наиболее значимыми мотивами поступления в медицинский вуз у студентов бюджетной формы были следующие: «Приносить пользу людям» – 48,1%; «Стремление к самореализации» – 41,5%; «Возможность заботиться о здоровье близких и своем» – 41,1%; «Престижность профессии» – 34,8%. В меньшей степени для данной выборки характерны следующие варианты: «Традиции семьи», «Советы родителей и друзей», «Материальная заинтересованность». Для студентов платной формы обучения ведущие мотивы – «Приносить пользу людям» – 45,4% и «Материальная заинтересованность» – 33,8%. Определяя будущую профессию, эта категория учла советы родителей и друзей (46,1), а также престижность профессии (45,2%). У зачисленных по свободному конкурсу на бюджетную форму обучения ведущие мотивы – «Приносить пользу людям» и «Стремление к самореализации» – 59,3% и 41,9% соответственно; «Возможность заботиться о здоровье близких и своем» – 48,8%. У обучающихся целевого приема и студентов, зачисленных на бюджет по квоте, при выборе вуза ведущими оказались мотивы «Престижность профессии» – 59,5% и «Стремление к самореализации» – 43,6%. Выбирая вуз и будущую профессиональную деятельность, данная категория руководствовалась советами родителей и друзей – 38,7%; у них в меньшей степени выражен мотив «Приносить пользу людям» – 36,4% [8].

Таким образом, по результатам проведенного исследования в общей выборке респондентов ведущим аргументом поступления в медицинский вуз оказался мотив профессиональной направленности.

При выборе вуза студенты платной формы обучения и целевики руководствовались советами родителей и друзей, в отличие от обучающихся на бюджетной форме обучения, зачисленных по свободному конкурсу. Мотив «Материальная заинтересованность» выражен у студентов платной формы обучения, в отличие от других категорий обучающихся. Следовательно, избравшие медицинский вуз и в дальнейшем профессию врача оказались мотивированными к будущей трудовой деятельности. Однако вызывают обеспокоенность ответы студентов, зачисленных по целевому приему, обучение которых выполняется за счет бюджетных средств. В связи с этим при направлении

абитуриентов на целевое обучение необходимо повысить эффективность отбора, обращая внимание на профессиональную мотивированность кандидатов по зачислению в медицинский вуз, используя тесты, помогающие в выборе профессии выпускникам средних общеобразовательных школ.

Педагогам высшей медицинской школы важно знать и анализировать отношение студента к учебе, его заинтересованность в профессиональных знаниях, так как этим определяется качество оказания медицинской помощи в стране, здоровье населения [9]. Основопологающей задачей является подготовка квалифицированных специалистов, мотивированных к самостоятельной аналитической работе с использованием знаний, умений и навыков, приобретенных в вузе. Для этого необходимо создание условий в развитии и формировании коммуникативных и профессиональных компетенций обучающихся, умения работать с данными о пациенте, искать необходимую информацию в интернете.

Ведущим направлением в подготовке будущего врача считается развитие клинического мышления и умение использования данной характеристики в будущей работе. В современном обществе появилось понятие «клиповое мышление». Не избежал этого явления и образовательный процесс, как в средней общеобразовательной школе, так и в высших учебных заведениях, в том числе в медицинских вузах. В связи с этим возникает необходимость анализа влияния данного явления на профессиональную мотивацию студента-медика, возможность интеграции с клиническим мышлением. Клиническое мышление – известное и распространенное понятие в медицине. Это высшая форма мыслительной деятельности человека, которая состоит из следующих совместных действий: анализ, синтез, сравнение и различие, суждения и умозаключения, обобщение. Компетентное применение полученной в результате указанных действий информации позволяет врачу решать диагностические, лечебные, прогностические и реабилитационные задачи [10, 11]. Современному человеку приходится обрабатывать большое количество информации за небольшой промежуток времени, в результате возникла необходимость трансформации когнитивной деятельности, что привело к развитию специфических способов восприятия и переработки полученных данных. Возникшее явление получило название «клипового мышления», которое впервые было введено футурологом Э. Тоффлером, который так характеризует клиповое мышление: «...на личностном

уровне нас осаждают и ослепляют противоречивыми и не относящимися к нам фрагментами образного ряда, которые выбивают почву из-под ног наших старых идей, обстреливают нас разорванными, лишены смысла «клипами», мгновенными кадрами» [12]. Этот вид мышления отражает разнообразные признаки объекта, но отсутствует связь между ними. При переключении между клипами нет целостной картины восприятия информации, способности анализа, установления логических связей. Клиповое мышление рассматривается как приобретенный признак, который формируется в результате меняющихся условий и ритма жизни. Поэтому педагогам предпочтительнее не бороться с клиповым мышлением, необходимо адекватно использовать его особенности в организации процесса обучения студентов-медиков. Клиповое мышление делает акцент и помогает запомнить яркие, редко используемые термины, но общего понимания сути рассматриваемой проблемы и анализа полученной информации не дает. Как считают авторы, изучающие особенности клипового мышления, оно имеет положительные и отрицательные характеристики. К позитивным признакам относят: способность принимать решения в экстремальной ситуации и выполнять несколько дел одновременно; защиту мозга от информационных перегрузок и способность принимать большой поток информации. Негативные: сложности при анализе и обобщении полученной информации; проблемы при выделении главного и второстепенного; затрудненная концентрация внимания; ухудшение долговременной памяти; снижение способности к формулированию выводов и умозаключений; нежелание думать; слабое чувство эмпатии; шаблонное мышление; затрудненное восприятие информации на слух [13, 14]. При изучении дисциплины «Фтизиатрия» на 6 курсе педиатрического факультета продолжительностью 13 учебных дней с целью повышения профессиональной заинтересованности студентов преподаватель применяет методы, вызывающие интерес обучающихся, и провоцирует процесс развития клинического мышления, уменьшая проявления клипового. Преподаватель переходит от стиля изучения темы занятия в виде монолога к дискуссии, предлагая студентам отвечать на вопросы, размышлять и делать определенные выводы. В результате на втором-третьем практическом занятии вовлекаются в познавательную деятельность 23,6% студентов. Далее используется прием новизны предлагаемой информации – оценка доказательности и информативности ана-

логовых и современных методов лучевой диагностики патологии органов дыхания: обзорные рентгенограммы органов грудной клетки и КТ-сканы грудной клетки. Для лучшего понимания и запоминания изучаемой дисциплины студентам предлагаем видеоматериалы с различными методами лабораторного обнаружения микобактерий туберкулеза: метод микроскопии и бактериологический, полимеразной цепной реакции. При разборе клинических случаев и ситуационных задач используется прием аудиовосприятия в виде симптомов, характерных для патологии органов дыхания, что дополняется визуализацией результатов рентгенологического исследования: «симптом разменных монет», «симптом яичной скорлупы», «ветка сакуры», «матовое стекло», «булыжная мостовая» и др. В результате уже к концу изучения «Фтизиатрии» (12–13 день занятий) у 77,5% студентов группы отмечен рост учебно-профессиональной мотивации к изучаемой дисциплине. В положительной оценке клипового мышления рассматривается признак способности человека быстро принимать решения и выполнять действия. Однако это осуществимо при высоком уровне профессиональной подготовки, обеспеченной необходимыми фундаментальными знаниями, практическими навыками и умениями с учетом понимания этиологии и патогенеза развивающихся процессов в организме пациента. Подтверждением этому является изучение темы «Неотложная помощь при легочных кровотечениях», когда студенты затрудняются объяснить причины данной патологии и, следовательно, провести неотложные лечебно-диагностические мероприятия. Поэтому важно не просто принять решение, важно чтобы оно было грамотным, профессионально обоснованным и индивидуальным в отношении пациента.

Таким образом, необходимо изменение вектора учебно-профессиональной мотивации студентов в его направленности на непрерывное формирование познавательного интереса к избранной профессии врача.

Для выработки у студентов профессионального интереса и готовности к деятельности врача от преподавателя требуется определенный подход к развитию мотивации. Во время практических занятий по дисциплине «Фтизиатрия» студентам необходимо интерпретировать предложенную преподавателем обзорную рентгенограмму органов грудной клетки и на основе выявленных патологических изменений создать «клиническую легенду»: анамнез, данные физического и лабораторного исследования, предварительный диагноз с обоснованием,

план дальнейшего обследования, перечислить заболевания, с которыми необходимо провести дифференциальную диагностику. Студенты при выполнении этого задания работают малыми группами по 2–3 человека. В проводимой практике происходит развитие клинического мышления и используется клиповое в виде обзорной рентгенограммы органов грудной клетки или КТ-сканов. С целью развития учебно-профессиональной мотивации используется такой вид самостоятельной внеаудиторной работы студентов, как разработка проектов с помощью информационных интернет-технологий. Преподаватель на выбор предлагает студентам несколько вариантов заданий: подготовить пошаговую диагностику той или иной патологии органов дыхания, разработать алгоритм выявления туберкулеза органов дыхания в общей лечебной сети в условиях поликлиники или стационара. Студентам при выполнении задания необходимо обосновать значимость рассматриваемой проблемы и доказательно определить пошаговые действия. Аналитическое рассмотрение выполненного задания показало, что у 34,5% студентов возникли трудности, особенно в выстраивании алгоритма действий, их обоснованности. Как показал опрос, участники проекта осознают важность выполняемого задания. Такая форма проведения занятий для них не только интересна, но и полезна, развивает память, мышление и запоминание изучаемой проблемы. В результате проводимых методик за период практических занятий по указанной дисциплине отмечено повышение учебно-профессиональной активности студентов в срезе увеличения степени выраженности клинического мышления у 23,5% студентов и снижение проявлений клипового мышления у 24,7% обучающихся. Таким образом, в результате конструктивного сотрудничества преподавателя и студентов, применения интерактивных методов обучения нецелесообразно бороться с клиповым мышлением, необходима взаимосвязь с клиническим, что повышает учебно-профессиональную мотивацию обучающихся.

Одной из сложнейших форм деятельности человека является медицина. В практике каждого врача, к сожалению, неизбежны ошибки вне зависимости от стажа работы, но наиболее они часты у начинающего. На клинических кафедрах педагогический процесс разумно организовать с учетом разбора ошибок путем анализа реальных историй болезни или клинических ситуационных задач, в которых имеют место несоответствия действий врача с имеющимися анамнестическими, клинико-рентгенологическими, лабораторными данными,

результатами инструментального исследования пациента. В большинстве случаев решение подобных заданий вызывает трудности у студентов. От преподавателя в таких условиях требуется тактичное и уважительное общение со студентами, умение направить мыслительный процесс обучающихся в нужное направление и мотивировать на решение поставленных задач. При обсуждении этой проблемы для преподавателя важно избегать авторитарного стиля общения со студентами, когда он единолично решает поставленные вопросы в ряде случаев, субъективно оценивая результаты обследования пациента. Альтернативой этому стилю общения является демократический – это сотрудничество, взаимодействие преподавателя и студентов направлено на повышение активности учащихся и формирования профессиональной мотивации. Вопросы педагогических стилей общения со студентами активно обсуждаются в научных публикациях [15]. Педагогическое общение имеет свои особенности, обеспечивая реализацию целей и задач, направленных на учебно-профессиональную мотивацию путем взаимодействия педагога и студента. Проведен анализ наличия данного вида мотивации у 72 студентов выпускного курса педиатрического факультета путем применения различных стилей педагогического общения во время проведения практических занятий. Приведем пример различной эффективности авторитарного и демократического стилей общения «преподаватель – студент» на практическом занятии по теме: «Туберкулез центральной нервной системы в различных возрастных группах. Особенности течения в современных условиях». Авторитарный тип общения – монолог преподавателя, студенты пассивно воспринимают информацию. После этого студентам предложено письменно ответить на вопрос об особенностях течения данной локализации туберкулеза в современных условиях. По результатам ответов только 8,3% правильно ответили на поставленный вопрос. Другой вариант общения – демократический. Предложенная тема занятий была обсуждена путем разбора ситуационных задач, реальных клинических событий, интерпретацией данных обследования конкретного больного. Далее проводится анализ возникающих вопросов у студентов по принципу «вопрос – ответ», но при этом отвечает на вопрос не только и не столько преподаватель, а вовлечены студенты группы. В завершение студенты письменно ответили на контрольные вопросы по изучаемой теме. Проверка отве-

тов показала, что 81,7% изучающих тему правильно ответили на вопросы. Неправильные ответы были проанализированы и скорректированы преподавателем с непосредственным участием студентов. Данный факт подтверждает необходимость совместной работы преподавателя и студентов, целесообразность демократического стиля образовательного процесса, что повышает учебно-профессиональную мотивацию обучающихся к изучаемой дисциплине и к избранной профессии врача, развивает чувство ответственности у студента за процесс обучения, при этом раскрываются индивидуальные особенности студентов. Позитивное отношение студентов к демократическому стилю организации учебного познания подтверждено результатами анкетирования. В среднем более 90,0% респондентов лечебного, педиатрического, стоматологического факультетов считают, что демократический стиль организации познавательного процесса происходит в виде «диалога, разбора ошибок; получения ответов на возникшие вопросы; это командная работа под контролем и консультацией преподавателя; таким способом лучше запоминается изучаемая тема». Такое взаимодействие участников образовательного процесса, преподавателя и студентов, способствует развитию учебно-профессиональной мотивации у обучающихся и является важным компонентом в структуре учебной деятельности вуза.

### Выводы

В образовательном процессе подготовки будущих врачей присутствует сочетание различных мотиваций. Ведущими являются выбор профессии врача, учебная и профессиональная мотивация. Реализация мотивации определяется системой организации подготовки квалифицированного специалиста. Результаты опроса 238 респондентов лечебного, педиатрического и стоматологического факультетов показали высокий уровень мотивации при выборе профессии врача. Эту начальную мотивацию необходимо формировать и развивать путем использования активных методов обучения в сочетании с демократическим стилем «преподаватель – студент». Важно учитывать особенности клинического и клипового мышления, целесообразность их конструктивной взаимосвязи, что повышает учебно-профессиональную мотивацию студентов и эффективность результата в подготовке будущего врача. Для актуализации учебно-профессиональной мотивации необходимо развивать у студентов стремление к получению знаний, сделать его соучастником образовательного процесса, так как пассив-

ное обучение подавляет мотивацию к учебно-познавательной деятельности. Активное взаимодействие преподавателя и студента позволяет осознать учащемуся важность получения академических и практических знаний, вырабатывает понятие персональной ответственности, чувство долга и важности врачебной профессии. Развитие учебно-профессиональной мотивации – работа сложная и трудоемкая как для стороны преподавателя, так и для студентов.

### Список литературы

1. Косянчук Н.М., Черных А.В. Формирование учебной мотивации студентов медицинского вуза // *Здоровье и образование Урала в XXI*. 2014. Т. 16 (4). С. 1–3.
2. Еникеева А.М., Баймуратов Т.Р., Хамадеев Э.Ф. Профессиональная мотивация студентов медицинского вуза. Текст: непосредственный // *Молодой ученый*. 2016. № 21 (125). С. 869–870. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/125/34776/> (дата обращения: 09.12.2020).
3. Гетман Н.А., Котенко Е.Н., Калинин Д.А. Повышение уровня мотивации к обучению студентов старших курсов медицинского вуза посредством методов проектов // *Международный журнал экспериментального образования*. 2018. № 10. С. 5–10.
4. Стародубцева В.К. Мотивация студентов к обучению // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/article/view?id=15617> (дата обращения: 09.12.2020).
5. Максимова Н.Ю. К вопросу о профессиональной мотивации студентов // *Молодой ученый*. 2014. № 21. С. 106–108. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/80/13795/> (дата обращения: 09.12.2020).
6. Акулина Е.Е., Шмелева Н.Б. Мотивационный потенциал профессиональной деятельности преподавателя в вузе // *Вестник Казанского технологического университета*, 2008. № 4. С. 148–151.
7. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2015. 705 с.
8. Алексеенко С.Н., Гайворонская Т.В., Дробот Н.Н. Мотивация обучения в вузе – формирование готовности студентов-медиков к профессиональной деятельности // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/article/view?id=29690> (дата обращения: 09.12.2020).
9. Суровцева К.А., Андропова Т.А., Бондарь Г.Д. О мотивации выбора профессии врача // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019. № 2. С. 53–56.
10. Алексеенко С.Н., Гайворонская Т.В., Дробот Н.Н. Интеграция клинического и клипового мышления студентов в образовательном процессе медицинского вуза // *Современные проблемы науки и образования*. 2019. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=29296> (дата обращения: 09.12.2020).
11. Иванчук О.В., Ганина О.Г. Феномен «клиническое мышление» как одно из основополагающих понятий исследования // *Современные проблемы науки и образования*. 2018. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://scienceeducation.ru/article/view?id=28096> (дата обращения: 09.12.2020).
12. Семеновских Т.В. Феномен «клипового мышления» в образовательной вузовской среде // *Интернет-журнал «Науковедение»*. Выпуск 5 (24), сентябрь – октябрь 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/105PVN514.pdf> (дата обращения: 09.12.2020).
13. Фрумкин К.Г. Клиповое мышление и судьба линейного текста // *Топос*. 2010. № 9. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.topos.ru/article/7371> (дата обращения: 09.12.2020).
14. Кормакова В.Н. Развитие творческого потенциала личности студента в учебном процессе. // *Педагогика и психология образования*. 2015. № 3. С. 22–29.
15. Литвишков В.М. Понятие и стили педагогического общения // *Образование и наука в России и за рубежом*. 2018. № 8 (Vol. 43). С. 53–56.

УДК 796.071

## МОДЕЛЬ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ К ОРГАНИЗАЦИИ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Бакулин С.В.

*ФГБОУ ВО Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева,  
Саранск, e-mail: s.v.bakulin@mail.ru*

Современная ситуация разработки и внедрения федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) в общеобразовательные организации обуславливает значительные изменения и в системе высшего педагогического образования в части подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности как неотъемлемой части основной образовательной программы общего образования. Анализ научных источников и собственного практического опыта позволяет рассматривать практико-ориентируемый подход в качестве эффективного средства подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности. В контексте данного исследования практико-ориентируемый подход реализуется посредством использования специальных учебных заданий (профессиональных проб, кейс-задач, деловых игр) в рамках дисциплины «Теория и методика физического воспитания» и практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. В качестве методов исследования были использованы: изучение и анализ психолого-педагогической, научно-методической и учебной литературы, систематизация материала по проблеме исследования, моделирование, анкетирование, тестирование, методы математической обработки данных. В результате проведенного исследования была спроектирована и апробирована модель практико-ориентированной подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности, представляющая собой единство целевого, теоретико-методологического, содержательного, процессуального и оценочно-результативного блоков.

**Ключевые слова:** внеурочная деятельность, кейс-задача, практико-ориентированная подготовка, деловая игра, профессиональная проба, будущий педагог по физической культуре

## MODEL OF PRACTICE-ORIENTED TRAINING OF A FUTURE PHYSICAL EDUCATION TEACHER FOR ORGANIZING SPORTS AND RECREATION AREAS OF EXTRACURRICULAR ACTIVITIES

Bakulin S.V.

*Mordovia State Pedagogical University named after M.E. Evseyev, Saransk, e-mail: s.v.bakulin@mail.ru*

The current situation of development and implementation of Federal state educational standards (FSES) in General education organizations leads to significant changes in the system of higher pedagogical education in terms of training future physical culture teachers to organize sports and recreation areas of extracurricular activities as an integral part of the main educational program of General education. The analysis of scientific sources and our own practical experience allows us to consider the practice-oriented approach as an effective means of training future physical education teachers to organize sports and recreation areas of extracurricular activities. In the context of this research, the practice-oriented approach is implemented through the use of practice-oriented tasks (professional tests, case tasks, business games) within the discipline «Theory and practice of physical culture» and practice for obtaining professional skills and experience in professional activities. As research methods were used: study and analysis of psychological, pedagogical, scientific, methodological and educational literature, systematization of material on the research problem, modeling, questioning, testing, methods of mathematical data processing. As a result of the study, a model of practice-oriented training of physical culture teachers for the organization of a sports and health-improving direction of extracurricular activities was designed and tested, which is a unity of target, theoretical and methodological, substantive, procedural and evaluative-effective blocks.

**Keywords:** extracurricular activities, case-task, practice-oriented training, business game, professional test, future physical education teacher

Подготовка будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности является неотъемлемой составляющей профессиональной подготовки и отвечает специфике современного общего образования. Тем не менее упор в основной профессиональной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки Педагогическое об-

разование «в большей степени делается на формирование методических компетенций обучающихся в области урочной деятельности» [1], поэтому приоритетными задачами педагогических вузов являются актуализация в содержании образования подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности, а также обновление подходов

к реализации данного содержания образования. Наиболее эффективным, по нашему мнению, представляется практико-ориентированное обучение, позволяющее формировать профессиональные компетенции будущих педагогов, используя специальные учебные задачи: профессиональные пробы, кейс-задачи и деловые игры [2].

Анализ исследований, проведенных в данном направлении (П.А. Ханин, С.В. Бакулин, Л.М. Кравцова и др.), свидетельствует о том, что в научно-методической литературе изучены специфика внеурочной деятельности как формы и вида учебной деятельности, возможности спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в формировании готовности учащихся к личностным достижениям, разработана модель готовности будущих педагогов по физической культуре к внеурочной деятельности. Однако вопрос, связанный с практико-ориентированным обучением будущих педагогов по физической культуре организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности, пока еще остается недостаточно разработанным. Это и определяет актуальность нашего исследования.

Вышеизложенное свидетельствует о необходимости разработки содержания, выявления методов, средств и форм практико-ориентированной подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности. При этом результативность обучения, на наш взгляд, будет зависеть от единства данных компонентов, возникающего благодаря их направленности на достижение поставленной цели.

Цель исследования: разработка и апробация модели практико-ориентированной подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследование осуществлялось с использованием следующих методов: изучение и анализ психолого-педагогической, научно-методической и учебной литературы, систематизация материала по проблеме исследования, моделирование, анкетирование, тестирование, методы математической обработки данных.

Исследование осуществлялось на базе МГПУ им. М.Е. Евсевьева. В нем приняли участие 35 студентов направления подготовки «Педагогическое образование» профиля «Физическая культура». Исследо-

вание проводилось в экспериментальной и контрольной группах, его эффективность определялась динамикой уровня сформированности компонентов готовности будущего педагога по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности.

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

Проектирование модели изучаемого процесса осуществлялось на основе выделения структурных блоков: целевого, теоретико-методологического, содержательного, процессуального, оценочно-результативного. Рассмотрим каждый компонент подробнее.

Целевой блок модели представлен основной целью – практико-ориентированная подготовка будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности. Сформулированная цель конкретизируется в следующих задачах:

1) способствовать развитию у будущих педагогов по физической культуре устойчивого интереса, мотивов и потребностей в организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности;

2) формировать у будущих педагогов по физической культуре теоретические знания об особенностях спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности;

3) развивать у будущих педагогов по физической культуре умения и навыки организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в рамках образовательного процесса и их использования в профессиональной деятельности.

Теоретико-методологической основой спроектированной модели являются теоретические основы непрерывного педагогического образования (Е.И. Артамонова, В.А. Болотов, С.А. Писарева, А.П. Тряпицина и др.), профессиональной подготовки педагога в вузах (Э.В. Балакирева, Е.М. Ибрагимов, И.А. Колесникова и др.), теоретические основы системы профессионального образования в области физической культуры и спорта (Л.И. Лубышева, А.П. Матвеев и др.), концептуальные идеи практико-ориентированного подхода в контексте высшего профессионального образования (Н.В. Месенева, Е.Н. Мычко и др.). В нашем исследовании практико-ориентированная подготовка представляет собой реализацию образовательных программ при оптимальном сочетании теоретической и практико-прикладной составляющей и выражается в использовании

комплекса специальных учебных заданий: профессиональных проб, кейс-задач и деловых игр.

Содержательный блок модели представлен совокупностью знаний и умений будущих педагогов по физической культуре, которые необходимы для успешной организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в будущей профессиональной деятельности. В ходе исследования были выделены определенные компоненты готовности будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности.

Охарактеризуем каждый компонент:

– мотивационно-ценностный: ценностное отношение к внеурочной деятельности; мотивация к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности; осознание необходимости умений проектировать программы спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности;

– когнитивный: знания нормативно-правовых документов, регламентирующих внеурочную деятельность; характерных особенностей внеурочной деятельности, ее отличий от урочных занятий; особенностей типов мероприятий спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности; модульной структуры программ спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности; интерактивных форм и инновационных технологий организации мероприятий спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности; средств и методов контроля достижения планируемых результатов учащихся (личностных, предметных и метапредметных);

– деятельностный: умение разрабатывать проекты мероприятий спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности с использованием различных технологий; разрабатывать программы спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в соответствии с требованиями ФГОС; отбирать и структурировать материал для конструирования внеурочного занятия спортивно-оздоровительной направленности; моделировать внеурочное занятие спортивно-оздоровительной направленности;

– рефлексивный: умение проводить анализ и самоанализ действий по организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности, а также отдельного проведенного мероприятия; умение проводить коррекцию целей и содержания внеурочной деятельности.

Процессуальный блок модели представлен аудиторной формой организации заня-

тий будущих педагогов по физической культуре и их самостоятельной работой в ходе изучения дисциплины «Теория и методика физического воспитания», а также в ходе выполнения заданий практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Важный компонент процессуального блока – практико-ориентированные задания: профессиональные пробы, кейс-задачи и деловые игры. Рассмотрим их подробнее.

Профессиональная проба – это локальное погружение студента в реальные условия педагогической деятельности с учетом специфики ее содержания, способов и средств для получения опыта решения конкретных педагогических задач, овладения конкретными трудовыми действиями [3].

Приведем пример профессиональной пробы, реализуемой в рамках дисциплины «Теория и методика физического воспитания», нацеленной на проектирование будущими педагогами по физической культуре технологической структуры занятий внеурочной деятельности.

Выберите одно из спортивно-массовых мероприятий физкультурно-оздоровительной направленности: соревнования по мини-футболу дворовых команд, «Оранжевый мяч», «Мама, папа, я – спортивная семья», школьная спартакиада.

Для выбранного мероприятия составьте план подготовки проведения, смету на его проведение, разработайте положение и сценарий спортивно-массового мероприятия физкультурно-оздоровительной направленности. Продемонстрируйте фрагмент мероприятия.

Эффективным средством практико-ориентированной подготовки будущих педагогов по физической культуре является деловая игра – учебное задание, имитирующее различные аспекты человеческой активности и социального взаимодействия.

Так деловая игра «Мастер-класс от профессионала» позволяет имитировать профессионально-педагогическую деятельность и организуется при изучении темы «Особенности организации внеурочной деятельности спортивно-оздоровительной направленности» в ходе изучения дисциплины «Теория и методика физического воспитания» с целью формирования умений проектирования и организации различных форм спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности, организации взаимодействия ее участников, использования инновационных технологий с учетом индивидуальных особенностей учащихся.

Преподаватель предлагает студентам испытать себя в ситуации эксперта (спор-

тсмен, тренер, педагог), которому необходимо организовать мастер-класс для учащихся по одному из современных подходов к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности: «спортизация физического воспитания; спартианское движение; президентские состязания; олимпийское образование; валеологизация физического воспитания; физическое воспитание с акцентом на его историко-культурологическом содержании» [4, с. 54].

Преподаватель знакомит студентов с правилами деловой игры и процедурой ее проведения, с особенностями проведения мастер-классов, с современными направлениями модернизации физического воспитания учащихся.

После этого обучающиеся разрабатывают, а затем моделируют фрагменты внеурочных мероприятий спортивно-оздоровительной направленности с использованием выбранной формы. В конце игры работа студентов анализируется и оценивается согласно разработанным критериям: актуальность и значимость темы мастер-класса; оригинальность содержания; соответствие проведенного мероприятия формату мастер-класса; взаимодействие с аудиторией.

Кейс-задачи – инструмент, позволяющий применить теоретические знания к решению практических задач, они могут быть разнообразными (иллюстративные учебные ситуации, учебные ситуации, при-

кладные упражнения и др.). Рассмотрим пример кейс-задачи, которая имитирует конфликтную ситуацию, часто возникающую в работе педагога по физической культуре вследствие характерных возрастных особенностей учащихся.

*«Учащиеся 10-го класса должны разделиться на две команды для проведения эстафеты. Педагог предложил сделать это учащимся самостоятельно, процесс деления класса затянулся, и тогда педагог предложил провести игру между командой юношей и командой девушек. Однако многие из учащихся, особенно девушки, стали выражать открытое недовольство таким решением. Часть учащихся отказалось принимать участие в эстафете, сев на скамью запасных. Каковы причины возникновения этой ситуации и как в этом случае должен поступить педагог?»* [5].

Решение подобных кейсов будущими педагогами по физической культуре может осуществляться в рамках выполнения заданий практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

Оценочно-результативный блок модели отражает результативность процесса подготовки будущих учителей физической культуры к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности. Данный блок представлен следующими компонентами, показателями и уровнями (табл. 1).

**Таблица 1**

Компоненты, уровни и показатели готовности будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности

Компонент	Уровень	Показатели
Мотивационно-ценностный	Высокий	Осознает важность умений организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в профессиональной деятельности будущего педагога физической культуры, проявляет активность при проектировании программы спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности
	Средний	Осознает важность умений организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в профессиональной деятельности будущего педагога физической культуры, однако не проявляет активности при проектировании программы спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности
	Низкий	Не осознает важности умения организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в профессиональной деятельности будущего педагога физической культуры и не проявляет стремления к изучению особенностей проектирования спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности
Когнитивный	Высокий	Демонстрирует глубокие и прочные знания особенностей внеурочной деятельности, форм, методов, средств и приемов организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в условиях ФГОС

**Окончание табл. 1**

Компонент	Уровень	Показатели	
		Средний	Демонстрирует отдельные фрагментарные знания особенностей внеурочной деятельности, форм, методов, средств и приемов организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в условиях ФГОС
	Низкий	Демонстрирует владение некоторыми знаниями особенностей внеурочной деятельности, форм, методов, средств и приемов организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности в условиях ФГОС	
Деятельностный	Высокий	Способен успешно отбирать и структурировать материал для конструирования внеурочного занятия спортивно-оздоровительной направленности; моделировать внеурочное занятие спортивно-оздоровительной направленности	
	Средний	Способен успешно, но с отдельными недочетами отбирать и структурировать материал для конструирования внеурочного занятия спортивно-оздоровительной направленности; моделировать внеурочное занятие спортивно-оздоровительной направленности	
	Низкий	В целом успешно, но не систематически способен отбирать и структурировать материал для конструирования внеурочного занятия спортивно-оздоровительной направленности; моделировать внеурочное занятие спортивно-оздоровительной направленности	
Рефлексивный	Высокий	Успешно осуществляет анализ и самоанализ действий по организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности	
	Средний	В целом успешно, но с отдельными недочетами осуществляет анализ и самоанализ действий по организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности	
	Низкий	Не способен осуществлять анализ и самоанализ действий по организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности	

**Таблица 2**

Результаты диагностики уровня сформированности критериев готовности будущего педагога по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности, %

Критерий	Уровень готовности					
	низкий		средний		высокий	
	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ
Мотивационно-ценностный	12,3	31,2	38,8	42,9	50,6	25,8
Когнитивный	4,6	30,8	32,1	33,3	63,5	34,8
Деятельностный	9,6	33,2	34,5	36,9	55,2	29,6
Рефлексивный	11,8	36,8	41,2	46,7	47,2	14,4

Апробация разработанной модели осуществлялась на базе факультета физической культуры МГПУ им. М.Е. Евсевьева. Для подтверждения эффективности разработанной модели и технологии ее реализации был организован эксперимент среди обучающихся (35 человек) по профилю «Физическая культура»; его целью являлась диагностика сформированности компонентов готовности будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности. Каждый показатель готовности диагностировался с помощью подобранного комплекса методик. Обобщенные результаты экспериментального исследования по уровням сформированности готовности будущих учителей физической культуры

к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности экспериментальной и контрольной групп представлены в табл. 2.

Представленные результаты эксперимента доказывают значительное опережение студентов экспериментальной группы по всем измеряемым параметрам, что подтвердило эффективность и продуктивность разработанной модели и технологии ее реализации.

#### Выводы

В рамках исследования спроектирована модель практико-ориентированной подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной дея-

тельности, которая наглядно демонстрирует элементы исследуемого процесса и зависимость между его элементами. Особенностью модели являются практико-ориентированные средства подготовки будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности: профессиональные пробы, деловые игры, кейс-задачи. Результаты опытно-экспериментальной работы убедительно доказывают эффективность сконструированных модели и технологии ее реализации, свидетельствуют об устойчивости тенденции повышения уровня сформированности готовности будущих педагогов по физической культуре к организации спортивно-оздоровительного направления внеурочной деятельности.

*Статья подготовлена и опубликована в рамках сетевого проекта ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева» с ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».*

*ва» с ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева».*

#### Список литературы

1. Ханин П.А. Специфика внеурочной деятельности как формы и вида учебной деятельности (на примере спортивно-оздоровительного направления) // Интернет-журнал «Мир науки». 2017. Т. 5. № 2. URL: <http://mir-nauki.com/PDF/50PDMN217.pdf> (дата обращения: 02.12.2020).
2. Бакулин С.В., Шукшина Т.И., Бакулина Е.А., Лаптунов В.И. Практико-ориентированная подготовка будущих педагогов к внеурочной деятельности спортивно-оздоровительной направленности // Теория и практика физической культуры. 2019. № 6. С. 5–8.
3. Тумашева О.В. Методическая подготовка будущего учителя: погружение в профессиональную реальность // Высшее образование в России. 2017. № 11. С. 67.
4. Боярская Л.А. Методика и организация физкультурно-оздоровительной работы: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 120 с.
5. Неверкович С.Д. Интерактивные технологии подготовки кадров в сфере физической культуры / Е.В. Быстрицкая, Р.У. Ариффулина, С.Д. Неверкович. М.: Спорт: Человек, 2018. 288 с.

УДК 799.311

## ВЛИЯНИЕ ТИПА ТЕМПЕРАМЕНТА СПОРТСМЕНОВ-СТРЕЛКОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ В ПИСТОЛЕТНОЙ ПРОГРАММЕ

**Воробьева С.М., Донских В.В.**

*ФГБОУ ВО Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
Москва, e-mail: svechitos@gmail.com, vic@mai.ru*

В статье затрагивается вопрос взаимосвязи типа темперамента спортсменов-стрелков и их стрелковых результатов. Авторы провели анализ литературы и выяснили, что тип темперамента может сказываться и на тренировочном процессе, и на результатах стрельбы. Авторы делают предположение, что у стрелков-винтовочников влияние темперамента на результат может отличаться от того, как темперамент влияет на результат у стрелков-пистолетчиков. В этой статье изучается взаимосвязь типа темперамента и результатов стрельбы именно в пистолетной программе. В исследовании участвуют стрелки-пистолетчики (76 человек), разделенные на три группы: группа начальной подготовки, учебно-тренировочная группа и сборная команда. Стрелки делают тест А. Белова на определение типа темперамента и выполняют контрольную стрельбу, после чего изучается корреляция между типами темперамента и стрелковыми результатами. Определяется количественное соотношение каждого типа темперамента во всех группах стрелков. Стрелки-меланхолики в группе начального обучения и в учебно-тренировочной группе имеют достоверную отрицательную корреляцию с результатами стрельбы. Количественный анализ типов темперамента в каждой группе указывает на преобладание стрелков-флегматиков и стрелков-меланхоликов. В сборную команду вошли представители всех типов темперамента – стрелки с любым типом темперамента могут достигнуть высоких результатов.

**Ключевые слова:** пулевая стрельба, стрелки, темперамент, корреляция, стрельба из пистолета

## INFLUENCE OF TEMPERAMENT OF SHOOTERS ON RESULTS IN PISTOL PROGRAM

**Vorobyova S.M., Donskikh V.V.**

*Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow,  
e-mail: svechitos@gmail.com, vic@mai.ru*

The article addresses the issue of the relationship between the type of temperament of shooters and their shooting results. The authors analyze literature and find out that the type of temperament can affect both the training process and the results of shooting. The authors suggest that in rifle shooters the effect of temperament on the result differs from the effect of temperament on the result in pistol shooters. This article studies the relationship in the pistol program. Pistol shooters (76 people) are involved in the study. They are three groups – beginning athletes, the training group and high-level athletes. Shooters determine the type of temperament (A. Belov test) and make control shooting, after which the correlation between temperament types and shooting results is studied. The authors study the amount of each type of temperament in each group of shooters. The melancholic shooters in a group of beginning athletes and in the training group have a negative correlation with the result of shooting. Quantitative analysis of temperament types in each group indicates a predominance of phlegmatic shooters and melancholic shooters. The group of high-level athletes has all types of temperament – shooters with any type of temperament can achieve high results.

**Keywords:** shooting sport, shooters, temperament, correlation, pistol shooting.

Сегодня стрелковый спорт предъявляет высокие требования к психологическому состоянию спортсменов, что предполагает углубленное исследование различных аспектов, касающихся психологии, нервной деятельности, психологического самочувствия спортсменов-стрелков. Высокие результаты в упражнениях по пулевой стрельбе требуют применения комплексного подхода к совершенствованию оружия и экипировки, поиска новых приемов тактической и тактико-технической подготовки, углубления в индивидуальные психологические особенности того или иного спортсмена, учета нюансов протекания психических процессов. Одной из тем для подробного изучения остается вопрос темперамента стрелков-пулевиков. В исследованиях различных авторов указывается, что каждому темпераменту соответствует характерный именно для него вид

спорта [1, с. 248]. В людях с рождения заложена предрасположенность к той или иной деятельности, что обуславливает выбор вида спорта. Но среди успешных спортсменов в каждом виде спорта есть обладатели всех типов темперамента [2, с. 33]. Кроме того, при каждом типе темперамента предполагается индивидуальный подход к тренировкам [3, с. 121]. В этом смысле представляется интересным более подробное изучение типов темперамента в разрезе пулевой стрельбы. Исследование зависимости стрелкового результата от типа темперамента уже проводилось авторами, однако оно касалось стрелков-винтовочников [4, с. 76]. По итогам данного исследования было выявлено, что зависимость стрелкового результата от темперамента присутствует только на начальном этапе обучения у флегматиков (результат выше) и сангви-

ников (результат ниже). По мере роста опыта зависимость пропадает. У меланхоликов и холериков достоверные корреляционные связи отсутствуют на всех этапах обучения. В некоторых исследованиях [5, 6] указывается, что пулевая стрельба в большей степени подходит флегматикам и меланхоликам, но при этом не рассматривается разделение стрелковых дисциплин на винтовочную и пистолетную программы и на отдельные упражнения. Авторы предполагают, что в зависимости от упражнения и дисциплины корреляция стрелкового результата с типом темперамента может быть различной. Кроме того, может отличаться и процентное распределение ведущих типов темперамента в стрелковой группе именно пистолетчиков. Если в винтовочной программе (не считая стрельбы по движущейся мишени) упражнения по своему характеру очень схожи между собой (отличаются только изготровки для стрельбы – колено, лежа, стоя), то пистолетные упражнения предполагают большее разнообразие по характеру выполнения, скорости и иному (стрельба из малокалиберного пистолета на 25 метров по черному кругу или по силуэту; стрельба из малокалиберного пистолета на 50 метров; стрельба на время по 5 мишеням и т.д.). Именно по этой причине авторами было проведено исследование, касающееся конкретно стрелков-пистолетчиков.

Цель данного исследования – изучить типы темперамента стрелков-пистолетчиков разного уровня подготовки и оценить влияние каждого типа темперамента на стрелковый результат.

#### Материал и методы исследования

Исследование проводилось среди студентов-стрелков, занимающихся в секции пулевой стрельбы вуза, осваивающих пистолетное направление. Основными упражнениями, изучаемыми стрелками, являются стрельба из пневматического пистолета и стрельба из малокалиберного пистолета на дистанции 25 метров по неподвижной мишени («круг»). Возраст стрелков – от 18 до 23 лет, разряд – от «без разряда»

до КМС. Стрелки были разделены на три группы: группа начальной подготовки (1-й год обучения, стрелки без разряда); учебно-тренировочная группа (2-й и 3-й годы обучения, стрелки без разряда и стрелки III и II разрядов); сборная команда (стрелки I разряда и КМС, входящие в состав сборной вуза). Каждый стрелок прошел тест А. Белова на определение процентного соотношения каждого типа темперамента, а также произвел контрольную стрельбу (стрельба из малокалиберного пистолета на дистанции 25 метров по мишени «круг», группа начальной подготовки и учебно-тренировочная группа – 10 выстрелов, сборная команда – 30 выстрелов). Между результатами стрельбы и процентным соотношением каждого типа темперамента была проведена корреляция. Также был проанализирован количественный состав каждой группы по ведущему типу темперамента. Количество стрелков в группах: группа начальной подготовки – 31 человек, учебно-тренировочная группа – 25 человек, сборная команда – 20 человек. Для определения типа темперамента и проведения дальнейшей корреляции был выбран тест А. Белова, поскольку он определяет не просто ведущий тип темперамента у конкретного спортсмена-стрелка, а процентное соотношение типов темперамента у каждого спортсмена-стрелка. Результат теста для каждого испытуемого выглядит следующим образом: сангвиник – N%, холерик – N%, флегматик – N%, меланхолик – N%. Так можно провести корреляцию результата с процентным соотношением типов темперамента у каждого стрелка. Это делает выборку достаточной для исследования, поскольку в таком расчете задействованы все представленные в каждой группе стрелки с присутствием каждому из них типом темперамента. Для определения корреляции использовался коэффициент корреляции Пирсона.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты корреляции между результатами стрельбы и типами темперамента в группах представлены в табл. 1.

**Таблица 1**  
Корреляция между результатами стрельбы и типами темперамента в группах

	Сангвиник	Холерик	Флегматик	Меланхолик	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,01$
Группа начальной подготовки (31 человек)	0,19	0,11	0,15	-0,40	$r = 0,36$	$r = 0,46$
Учебно-тренировочная группа (25 человек)	0,26	0,22	0,18	-0,52	$r = 0,4$	$r = 0,51$
Сборная команда (20 человек)	-0,13	-0,22	-0,07	0,3	$r = 0,44$	$r = 0,56$

Число степеней свободы в группе начальной подготовки  $k = 29$ . Критические значения корреляции  $r = 0,36$  при  $p \leq 0,05$  и  $r = 0,46$  при  $p \leq 0,01$ . Корреляция между результатами стрельбы и типами темперамента «сангвиник», «холерик» и «флегматик» не является выраженной и статистически достоверной. Корреляция между результатами стрельбы и меланхолическим типом темперамента имеет статистическую значимость. Она является отрицательной ( $r = -0,4$ ): чем больше имеется у стрелка проявлений меланхолического типа темперамента, тем ниже результаты стрельбы на данном этапе подготовки.

Число степеней свободы в учебно-тренировочной группе  $k = 23$ . Критические значения корреляции  $r = 0,4$  при  $p \leq 0,05$  и  $r = 0,51$  при  $p \leq 0,01$ . Корреляция между результатами стрельбы и типами темперамента «сангвиник», «холерик» и «флегматик» не является выраженной и статистически достоверной. Корреляция между результатами стрельбы и меланхолическим типом темперамента имеет статистическую значимость и является отрицательной ( $r = -0,52$ ): чем больше стрелок имеет проявлений меланхолического типа темперамента, тем ниже результаты его стрельбы на данном этапе подготовки.

Число степеней свободы в сборной команде  $k = 18$ . Критические значения корреляции  $r = 0,44$  при  $p \leq 0,05$  и  $r = 0,56$  при  $p \leq 0,01$ . Ни одна из корреляций между результатами стрельбы и типами темперамента не имеет статистической значимости.

Таким образом, достоверной является только отрицательная корреляция между результатами стрельбы и меланхолическим типом темперамента в группе начальной подготовки и учебно-тренировочной группе. Меланхолики на начальных этапах подготовки имеют более низкие результаты контрольной стрельбы. В сборной команде такая достоверная корреляционная связь отсутствует. Попробуем разобраться, почему.

Тот или иной темперамент предполагает наличие индивидуальных устойчивых свойств нервной системы. Основа темперамента – свойства нервной системы. Они обуславливают динамику психической деятельности человека [7, с. 305]. Меланхолики имеют слабый тип нервной системы. Особенности меланхолического типа темперамента следующие: последовательность в достижении целей, аккуратность, высокий уровень самоорганизации, высокая ответственность, осторожность, тревожность, мнительность, слабая устойчивость к внешним раздражителям и давлению извне, неуверенность в себе, низкая самооценка [8,

с. 375]. Этими особенностями меланхолического типа темперамента можно объяснить низкие результаты контрольных стрельб на начальных этапах подготовки. Тревожность, мнительность сказываются на результатах стрельбы – вместо того, чтобы сосредоточиться на технике выполнения выстрела, стрелок-меланхолик беспокоится о грядущем результате, переживает за то, что еще не случилось. Думая о возможных последствиях «плохих» попаданий во время выполнения упражнения, стрелок-меланхолик хуже контролирует процесс производства выстрела. Такая тревожность свойственна многим стрелкам в пулевой стрельбе. Но у меланхоликов, по всей видимости, она проявляется в наибольшей степени. Неуверенность в себе и низкая самооценка негативно влияют на восприятие меланхоликами своей деятельности и возможных результатов. Меланхолик считает, что не может достигнуть высоких результатов, настраивает себя на грядущие низкие результаты контрольной стрельбы. Одновременно он боится этих низких результатов и возможных последствий. Такое сочетание опять же мешает ему уверенно и технически правильно производить выстрелы. Проявляемая осторожность меланхолика заставляет его чаще «откладывать» выстрелы (даже в случае правильной техники работы), что приводит к повышенному утомлению. Повышенное утомление, в свою очередь, снижает стрелковый результат (на начальных этапах подготовки стрелки еще не обладают достаточной специальной выносливостью для противодействия этому утомлению). Также осторожность меланхолика приводит к тому, что он пропускает нужный момент выстрела (момент наибольшей устойчивости оружия) и делает выстрел позже, когда уже начались большие колебания. Слабая устойчивость к внешним раздражителям и давлению извне также негативно сказывается на результатах. В пулевой стрельбе такие раздражители могут быть следующими: психологическое давление со стороны других стрелков, давление со стороны тренера (например, требование определенных результатов), беспокойная обстановка контрольной стрельбы или соревнования. Эти особенности свойственны стрелкам-меланхоликам на начальном этапе подготовки и в процессе дальнейшего освоения стрелковых навыков. В свою очередь, в сборной команде нет достоверной связи между меланхолическим типом темперамента и стрелковым результатом. Это указывает на то, что стрелки-меланхолики в процессе занятий осваивают необходимые навыки благодаря другим своим особенно-

стям: высокому уровню самоорганизации, последовательности, ответственности, аналитическому мышлению. Освоение происходит постепенно. Наличие достоверной отрицательной корреляции между меланхолическим типом темперамента и стрелковыми результатами на начальных этапах подготовки вовсе не говорит о том, что для обладателей данного типа темперамента неприемлемо пистолетное направление пулевой стрельбы. Наоборот, это указывает на то, что тренеру необходимо с особой тщательностью подходить к подготовке стрелка-меланхолика и учитывать его особенности. Нужно помогать меланхолику справляться с тревожностью, преодолевать психологическое давление (или же исключить такое давление на начальных этапах подготовки, полностью сосредоточившись только на технике выполнения выстрела, а тренировку психологической устойчивости отложить на более поздний срок). Необходимо сконцентрироваться на тех особенностях меланхолика, которые помогут ему в дальнейшем достичь высоких результатов (таких как высокая самоорганизация, дисциплинированность, аккуратность, склонность к самоанализу, устойчивость к монотонной работе и т.д.).

Достоверные корреляционные связи между стрелковыми результатами и другими типами темперамента (сангвиник, холерик, флегматик) отсутствуют. Значит, свойства данных типов темперамента не оказывают влияния на результаты.

Во всех трех группах наименьшее количество стрелков представлено людьми с холерическим темпераментом. Сангвиников много в группе начальной подготовки, однако в группах последующего обучения их становится меньше. Во всех трех группах наибольшее количество стрелков имеют темперамент флегматика и меланхолика. Вследствие этого можно сделать вывод о том, что пистолетная программа пулевой стрельбы – вид, который наиболее интересен именно флегматикам и меланхоликам. Стрелки с этими двумя типами темперамента в наибольшей степени склонны выбирать пулевую стрельбу в качестве спортивной деятельности и оставаться в этом виде спорта. Это связано с их психическими свойствами. У флегматиков такими свойствами являются: инертный тип нервной системы, преобладание процессов торможения, замедленность в переключении внимания и деятельности, склонность к монотонной работе. Стрельба из малокалиберного пистолета в пулевой стрельбе по мишени типа «круг» соответствует таким свойствам флегматиков. Это монотонная работа с достаточным временем на выполнение выстрелов. У меланхоликов такими свойствами являются: склонность к интровертированности, склонность к индивидуальной работе, склонность к аналитическому мышлению, дисциплинированность, устойчивость к монотонной работе, недостаточная активность. Рассматриваемая нами спортивная дисциплина также

Таблица 2

Количественное соотношение типов темперамента в группах

	Группа начального обучения (31 человек)	Учебно-тренировочная группа (25 человек)	Сборная команда (20 человек)
Сангвиник	25,8% (8 человек)	20% (5 человек)	15% (3 человека)
Холерик	9,6% (3 человека)	12% (3 человека)	5% (1 человек)
Флегматик	29% (9 человек)	32% (8 человек)	30% (6 человек)
Меланхолик	22,5% (7 человек)	28% (7 человек)	35% (7 человек)
Смешанный темперамент	12,9% – сангвиник-холерик (1 человек), холерик-меланхолик (1 человек), сангвиник-флегматик (2 человека)	8% – сангвиник-флегматик (1 человек), сангвиник-холерик (1 человек)	15% – холерик-флегматик (1 человек), сангвиник-флегматик (1 человек), сангвиник-флегматик-меланхолик (1 человек)

Теперь рассмотрим количественный состав стрелков по типу темперамента в каждой группе. Выделим ведущий тип темперамента у каждого стрелка – тот тип, по которому количество процентов наибольшее. В случае равенства наибольших процентов темперамент считается смешанным. Количественное соотношение типов темперамента в группах представлено в табл. 2.

соответствует таким свойствам меланхоликов. Пулевая стрельба предполагает наличие у стрелка постоянного анализа и самоанализа, ориентированности на внутренние ощущения. Это индивидуальная работа с минимальной двигательной активностью. Холериков мало во всех трех группах обучения. Даже если рассматривать смешанные типы темперамента, то видно, что, как правило, такой смешанный тип представлен ча-

стично флегматическими или меланхолическими проявлениями. Не слишком большая заинтересованность холериков в этом виде спорта связана со следующими особенностями этого типа темперамента: неуравновешенность, нетерпеливость, склонность к вспыльчивости и несдержанности, порывистость, резкость, подвижность нервной системы. Вероятно, холерикам в большей степени могут подойти такие пистолетные упражнения, как МП-60СС (скоростная стрельба по 5 мишеням, 8–6–4 секунды), МП-60М (стрельба за ограниченное время, 150–20–10 секунд) или ПП-ПС (стрельба из пневматического пистолета в команде «пара смешанная» с сильным ограничением по времени), однако эта теория требует проверки. Сангвиников в группе начальной подготовки довольно много, в сборной команде их меньше. По всей видимости, сангвиники приходят в этот вид спорта из-за склонности к разнообразию (ищут и пробуют новый вид деятельности). Постепенное уменьшение их числа в группах дальнейшего обучения предположительно связано со следующими особенностями: отсутствие последовательности, поверхностный подход и непостоянство. Сангвиники легко увлекаются чем-то новым, но так же быстро к новой деятельности могут «перегореть».

Тем не менее в сборной команде представлены все типы темперамента. Это указывает на то, что обладатель любого типа темперамента может добиться результатов в пулевой стрельбе из пистолета.

В начале статьи упоминалось о другом исследовании связи типов темперамента и стрелкового результата у стрелков-винтовочников. У винтовочников было обнаружено: на начальном этапе у флегматиков результаты выше, у сангвиников – ниже, дальше зависимость пропадает. Как мы видим, у стрелков-пистолетчиков картина иная: присутствуют достоверные корреляционные связи только у меланхоликов. Значит, разница влияния темперамента на результаты в том или ином стрелковом

упражнении (пистолет или винтовка) действительно существует.

### Выводы

По результату проведенного исследования можно сделать следующие основные выводы.

1. Стрелки с меланхолическим типом темперамента на начальном этапе обучения имеют более низкие результаты стрельбы. При обучении меланхоликов необходимо с особенной тщательностью учитывать их психические свойства.

2. Обладатель любого типа темперамента способен добиться высоких результатов в стрельбе из пистолета.

3. Наибольшую заинтересованность в пистолетной программе пулевой стрельбы проявляют стрелки с меланхолическим и флегматическим типами темперамента.

### Список литературы

1. Ракова С.А. Особенности темперамента в спортивной деятельности: сравнительный анализ видов спорта (на примере студентов специальности «физическая культура» Республиканского многоуровневого колледжа) // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2013. № 30. С. 247–251.
2. Мокеева Л.А., Шилова Ю.О. Влияние темперамента на выбор видов спорта // OLYMPLUS. Гуманитарная версия. 2015. № 1. С. 30–33.
3. Шогенов Р.Х., Ветвицкая С.М. Роль темперамента в спорте // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 6. С. 121.
4. Воробьева С.М., Донских В.В. Влияние темперамента на результат в пулевой стрельбе // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2020. № 4 (182). С. 76–79.
5. Гилёв А.М., Тухфатуллин А.Н., Смирнова С.В. Индивидуально-психологические особенности спортсменов-стрелков // MODERN HUMANITIES SUCCESS. 2019. № 10. С. 54–59.
6. Лапин А.Ю., Бабичев И.В., Жихарева О.И. Прогнозирование спортивных результатов на основе психологических особенностей спортсмена // Вестник спортивной науки. 2016. № 4. С. 16–18.
7. Патрушев А.Н., Дубковская Л.А., Рублева А.А. Влияние темперамента при выборе вида спорта // Актуальные вопросы физического воспитания молодежи и студенческого спорта: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции (Саратов, 18 мая 2018 г.). Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2018. С. 304–308.
8. Соколова Н.А. Выбор видов спорта и физических упражнений в зависимости от темперамента человека // Студенческая наука и XXI век. 2018. № 2–2. С. 375–376.

УДК 378.14

## СПЕЦИФИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ КИНООПЕРАТОРСКОГО МАСТЕРСТВА» СТУДЕНТАМ, ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ПРОФИЛЮ «РЕЖИССУРА КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ»

Донсков Н.А.

*НОУ ВПО «Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов»,  
Санкт-Петербург, e-mail: regmm\_kafedra@mail.ru*

В статье рассматривается проблема подготовки будущих режиссеров кино и телевидения в процессе обучения в вузе. Освещаются подходы к преподаванию дисциплины «Основы кинооператорского мастерства» и профессиональному становлению студентов в области экранной режиссуры. Осмыслиется практический опыт преподавания дисциплины «Основы кинооператорского мастерства» студентам Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов. Актуальность работы обусловлена необходимостью подготовки специалистов для работы с аудиовизуальным контентом на высоком профессиональном уровне, потребностью в квалифицированных специалистах – режиссерах, готовых к грамотной и творческой работе в области экранного искусства. Разбираются примеры практических задач, разработанных для понимания студентами роли композиции, цвета, движения в создании художественного произведения. В работе представлена авторская методология обучения. Обозначены подходы, ориентированные на решение ряда задач преподавания: последовательность формирования профессионального навыка; изучение приемов создания визуального образа; развитие у студентов эстетического вкуса; формирование навыков профессионального анализа фильма. Дается подробное описание анализа композиционных решений работы Родни Смита «Здания и река Гудзон». Даются рекомендации относительно выбора работ ведущих российских и зарубежных кинооператоров для анализа.

**Ключевые слова:** подготовка специалистов, методология обучения, режиссура мультимедиа, кинооператорское мастерство, режиссура, педагогические технологии

## SPECIFICS OF TEACHING THE DISCIPLINE «FUNDAMENTALS OF CINEMATOGRAPHY» TO STUDENTS STUDYING IN THE PROFILE «FILM AND TELEVISION DIRECTING»

Donckov N.A.

*Saint Petersburg University of Humanities and Social Sciences,  
Saint Petersburg, e-mail: regmm\_kafedra@mail.ru*

The article deals with the problem of training future film and television directors, studying at a University. Approaches to teaching the discipline «Fundamentals of cinematography» and the professional development of students in the field of screen directing are covered. The practical experience of teaching the discipline «Fundamentals of cinematography» to students of Saint-Petersburg University of Humanities and Social Sciences is comprehended. The relevance of the work is due to the need to train specialists to work with audiovisual content at a high professional level, the need for qualified specialists – directors who are ready for competent and creative work in the field of screen art. The examples of practical tasks developed for understanding the role of composition, color, movement in the creation of a work of art are analyzed. Examples of setting practical tasks are analyzed. The paper presents the author's teaching concept, teaching methodology. Approaches focused on solving a number of teaching problems are indicated: sequence of professional skill formation; studying the techniques of creating a visual image; development of students' aesthetic taste; developing the skills of professional film analysis. A detailed description of the analysis of compositional solutions in the work of Rodney Smith «Buildings and the Hudson River» is given. Recommendations are given regarding the selection of works by leading Russian and foreign cameramen for analysis.

**Keywords:** training, methodology of training, multimedia, cinematography, directing, pedagogical technologie

В статье будет рассматриваться преподавание дисциплины «Основы кинооператорского мастерства» студентам, обучающимся специальности Режиссура кино и телевидение, т.е. режиссерам, а не операторам. Именно это определяет специфику подхода к изложению материала и предлагаемым практическим заданиям.

Дисциплина «Основы кинооператорского мастерства» – одна из специализированных дисциплин, входящих в цикл подготовки по специальности «Режиссура мультимедиа».

Целью дисциплины «Основы кинооператорского мастерства» является формирование у студентов представления о профессии кинооператора, о приемах и способах создания на экране эстетического, выразительного изображения, а также о взаимодействии режиссера и оператора при создании аудиовизуального произведения.

Во всех вузах, где ведется подготовка по специальности «Режиссура кино и телевидения», будущие режиссеры неизменно изучают кинооператорское мастерство. Разумеется, продолжительность и глуби-

на изучения этого предмета у режиссеров иная, чем у операторов. Более того, акценты на те или иные аспекты операторского мастерства при подготовке операторов и режиссеров следует расставлять несколько иначе.

Сегодня вузов, готовящих режиссеров кино и телевидения, немало. В одном только Санкт-Петербурге целый ряд таких учебных заведений: Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения (СПбГИКиТ), Санкт-Петербургский государственный институт культуры (СПбГИК), Российский государственный институт сценических искусств (РГИСИ), Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов (СПбГУП) [1].

Опыт, накопленный за время преподавания дисциплины «Основы кинооператорского мастерства» на кафедре режиссуры мультимедиа Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, позволяет сделать некоторые промежуточные выводы и подвести итоги.

Цель исследования заключается в осмыслении подходов к преподаванию дисциплины «Основы кинооператорского мастерства», входящей в цикл подготовки специалистов – режиссеров кино и телевидения.

Методы исследования: анализ специализированной литературы по исследуемой проблеме, образовательной практики, сравнительный анализ учебных программ, методических пособий.

*Изучение композиции как одного из важнейших выразительных средств режиссуры экранного искусства*

Преподавание дисциплины «Основы кинооператорского мастерства» начинают с изучения основ фотокомпозиции. Именно так построено преподавание и в головном кинематографическом вузе страны – ВГИКе. Впрочем, и там, и во многих других учебных заведениях базовые знания о фотокомпозиции студенты получают в рамках дисциплины «Основы фотомастерства», предшествующей по учебному плану дисциплине «Основы кинооператорского мастерства». Так построен учебный план и в СПбГУП. «Основы фотомастерства» студенты изучают на первом курсе, а «Основы кинооператорского мастерства» – на втором.

Выдающийся и на сегодняшний день самый титулованный кинооператор современности Витторо Стораро, работавший с такими гигантами, как Френсис Форд Коппола и Бернардо Бертолуччи, говорил, что оператору необходимо уметь ставить свет, ставить кадр и создавать движение – вот три элемента операторского мастер-

ства [2]. Но на первом месте всегда и везде находится именно композиция. Композиция – понятие универсальное, существующее в любом виде искусства и литературы. В самых общих чертах – это соединение частей произведения в единое целое, подчиненное авторскому замыслу и призванное раскрыть этот замысел читателю, слушателю или зрителю.

Что касается визуальных искусств, таких как живопись, графика, фотография, кино, видеоарт, компьютерная графика и другие – композиция во всех случаях понимается как организация визуального произведения в границах изобразительной плоскости (картинной плоскости, листа, кадра, экрана) [3, 4]. Многие художники скептически оценивают возможность научить композиции, утверждая, что это некий дар, врожденное чувство восприятия окружающего мира в композиционной цельности его видимых фрагментов.

Отчасти это так. Ведь не случайно во всех художественных и кинематографических вузах абитуриенты проходят жесткий отбор именно по этому параметру. Но это все же справедливо лишь отчасти. Чувство композиции можно и нужно целенаправленно развивать. Это можно сравнить с тем, как одаренному от природы вокалисту ставят голос. Разумеется, это невозможно сделать помимо воли самого обучающегося, а только при его активном и целенаправленном стремлении.

В этом смысле студентам, обучающимся в Санкт-Петербурге, необычайно повезло. Ведь рядом, буквально у них под боком, находятся такие сокровищницы мирового изобразительного искусства, как Эрмитаж и Русский музей. Именно с рекомендации регулярно посещать эти музеи автор начинает свои занятия со студентами. Ведь для постижения законов изобразительной композиции необычайно важна «насмотренность».

Насмотренность – это вообще ключевое слово в кино. Это слово автор регулярно слышал во ВГИКе, будучи студентом. Никому не придет в голову оспаривать то, что без знакомства с мировой кинематографией невозможно плодотворно и профессионально заниматься созданием картин. Заметьте, и слово «картина» в кино имеет сущностное значение. Так кинематографисты называют фильмы. И здесь заложен глубокий смысл. Кино – это визуальная история. Это картина, которую мы видим на плоскости экрана, которая на наших глазах развивается во времени.

Но вернемся к картинам в более привычном понимании – полотнам живописцев

и графиков. Итак, Эрмитаж и Русский музей являются неперенным атрибутом обучения будущих режиссеров и операторов. Насмотренность постепенно ведет к тому, что человек начинает интуитивно, подсознательно ощущать законы изобразительной гармонии.

Те же законы изобразительной композиции работают и в фотографии, и в кинокадре. Но здесь очень важно подчеркнуть связь композиционного построения кадра и его содержательного наполнения с точки зрения режиссерского построения визуального повествования.

С одной стороны, композиция кадра и выстраиваемая режиссером на площадке мизансцена – явления одного порядка. Мизансцена в кино должна подчиняться законам изобразительной композиции кинокадра. Поэтому так важно воспринимать их в неразрывной связи друг с другом.

*Упражнения на изучение  
композиционного построения кадра  
(изображения на плоскости)*

Для объяснения роли композиции в создании визуального образа студентам даются задания, направленные на формирование навыков анализа изображения [5]. Одним из таких упражнений может быть поиск устойчивой композиционной формы. Квадрат, прямоугольник, треугольник, овал, круг – вот те устойчивые композиционные формы, которые мы без труда обнаружим в работах и живописцев, и фотохудожников. Композиционные формы цементируют изображение на экранной плоскости. Важную роль играют активные вертикальные, горизонтальные, диагональные линии, держащие композицию, обостряющие динамику и создающие ритм.

Эффективным заданием, разъясняющим важность композиции для передачи смыслового содержания кадра, является так называемая «раскадровка картины». Студенту необходимо разбить по своему усмотрению картину на фрагменты и выстроить из них монтажную последовательность кадров, которая раскрывала бы драматургическую историю, заложенную живописцем в смысловое содержание своего полотна. Для этого задания хорошо подходят произведения русских художников-передвижников, поскольку большинство из них многофигурные и, главное, ярко сюжетные.

Проанализировав выполненные задания, преподаватель может убедительно показать студентам, что найденные в изобразительном искусстве и фотоработах композиционные решения органично переходят в кинокадр. Более того, композиционные формы

и линии могут быть развиты в динамике, обуславливая направление движения персонажа или камеры и построение следующего кадра в их монтажной последовательности. Таким образом, студент должен понять, что композиция – не просто изобразительный прием, а важная составляющая смыслового наполнения, развивающегося во времени визуального повествования.

Следующим по сложности заданием для студента может быть анализ произведения, в котором значимую роль в создании подтекста, многозначности и глубины визуального повествования играет композиция. Для этой цели автор рекомендует студентам обратиться к работам известнейшего мастера фотоискусства Родни Смита.

Буквально несколько слов об этом выдающемся фотохудожнике. Родни Сит получил степень магистра богословия в Йельском университете в 1973 г. В своих фотокартинах он исследовал философские темы, касающиеся места человека в жизни, цели и смысла его существования. Не случайно они носят многозначный аллегорический смысл. Своими учителями в фотографии он называл выдающихся фотохудожников Ричарда Аведона и Ирвина Пенна (кстати, брата известного кинорежиссера Артура Пенна). Поскольку большую часть своей творческой жизни он снимал на черно-белую пленку, композиция в его работах играет первостепенную роль. «Композиция похожа на ритм в музыке, – говорил Родни Смит. – Именно в ней лаконично и обстоятельно складывается вся картина» [6].

Одна из его работ, которую мы разбираем со студентами, – «Здания и река Гудзон», Нью-Йорк, 1995 г. Родни Смит всегда давал своим работам исключительно описательные, своего рода архивные названия, из которых невозможно понять всю глубину скрытого смысла работы. Эта работа – одна из самых известных у Родни Смита. Я предлагаю студентам провести режиссерский анализ работы Родни Смита. Студентам необходимо ответить на вопросы «Что же на ней изображено?», «О чем хотел нам сказать автор?».

Внимательно рассматриваем изображенное на фотокартине, собираем и анализируем предлагаемые обстоятельства, в которые помещены персонажи. При предельной лаконичности работ Родни Смита, и этой в том числе, характеризующих деталей, через которые мы и выявляем предлагаемые обстоятельства, необычайное множество. Они выражаются в геометрическом композиционном построении на картинной плоскости, в очертаниях и деталях города на другой стороне Гудзона, в расположении

персонажей, в их костюмах и аксессуарах в их руках (деловой стиль, кейс, зонты), даже в узорах на их одежде (клетчатые платья и костюм в полоску джентльмена). Даже пасмурная погода, выбранная для фотосессии, отнюдь не случайна, а несет свой аллегорический смысл.

Проанализировав изображение и собрав воедино предлагаемые обстоятельства, формулируем основную идею. Итак, коротко. Все персонажи стоят к нам практически спиной и устремлены взглядом в сторону небоскребов Манхэттена, высотной доминантой которого является здание Всемирного торгового центра (на тот момент башням-близнецам оставалось еще 6 лет жизни). Никто из персонажей никак не взаимодействует друг с другом, они даже не смотрят в сторону друг друга, все смотрят в сторону башен, олицетворяющих финансовое могущество и преуспевание. Центральным персонажем является мужчина в строгом костюме бизнесмена в шляпе и с кейсом в руке. Он – главный в этой ячейке общества. Справа от него его семья – жена и дочка, слева – две секретарши (любовницы?). Все в деловых костюмах в клетку, все с зонтиками, которые они держат над головами. Очертания Манхэттена на той стороне Гудзона размыты из-за пасмурной неуютной погоды. Кроме того, прямо перед персонажами река, которую невозможно перейти.

Что перед нами? Это аллегория американской мечты, стремления к восхождению по карьерной лестнице (джентльмен в центре стоит на лесенке, возвышаясь над остальными), стремления к финансовому успеху. Успеху, который труднодостижим и иллюзорен. А что дает им эта мечта? Ведь они фатально разобщены. Даже поработаны, ведь клетки на их костюмах, которые в точности повторяют безликий рисунок окон на стенах небоскребов Манхэттена, напоминают тюремные решетки.

Вот так, анализируя изображение, мы читаем скрытый смысл, подтекст. К нам приходит понимание глубинного философского смысла и ироничной интонации работы Родни Смита. Разве это не кино? Ведь если мы решим снять подобное, нам уже легко поставить задачу не только оператору, но и художнику-постановщику, реквизитору, ассистентам. К тому же легко представить себе этот снимок в движении, условно говоря, нажать на кнопку «запись» и начать снимать видео. Как будут развиваться события? Поскольку фотокартина глубоко символична, автору видится достаточно условный жанр, скажем, мюзикл. Персонажи оживают, и начинается танец под блюзовую джазовую композицию.

### *Свет, цвет, движение как выразительные средства операторского искусства*

На занятиях со студентами важно подчеркнуть различие подхода к освещению в кино и на телевидении. Если в кино свет всегда выступает как драматургическое выразительное средство, то на телевидении чаще всего это лишь техническая составляющая формирования телевизионного сигнала. По этой причине свет на телевидении чаще всего невыразительный и плоский. И именно по этому параметру мы с первого кадра можем отличить телевизионную постановку или плохо сделанный сериал от настоящего кино.

Впрочем, все же надо отдать должное добросовестным создателям телесериалов. В последние годы их качество, по крайней мере если говорить о техническом качестве и экранной выразительности, сильно выросло. Многие сегодняшние телесериалы ничуть не уступают по размаху и постановочной тщательности прокатным картинам. Правда, и их бюджеты при этом уже становятся вполне сопоставимыми. Тем не менее, и это в данном случае важно, изобразительная культура кино там присутствует со всей очевидностью.

Есть еще одна важная составляющая визуального повествования – цвет. Цвет – это мощное оружие экранной выразительности. Подчас именно цвет является одним из основных, а то и основным выразительным средством. В качестве примера привожу студентам две картины, где это выражено с предельной очевидностью: «Красный шар» (Франция, режиссер Альбер Ламорис, 1956 г.) и «Плезантвилл» (США, режиссер Гэри Росс, 1998 г.).

Не менее важной составляющей киноизображения является движение. В последние годы его роль возрастает, что выражается и в технических решениях, например в популярности съемки непрерывно движущейся камерой. Примеры: оscarоносные картины «Бердман» (США, режиссер Алехандро Гонсалес Иньярриту, оператор Эммануэль Любецки, 2014 г.), «1917» (Великобритания, США, режиссер Сэм Мендес, оператор Роджер Дикинс, 2019 г.). В обоих случаях оscarоносными являются не только режиссеры, но и операторы.

Впрочем, кино сохраняет и традицию статичной съемки, создания эпических выразительных статичных кадров с крепкой композицией. В качестве примера можно привести двух известнейших отечественных кинооператоров-постановщиков: Павла Костомарова и Михаила Кричмана.

Конечно, при подготовке студентов-режиссеров не стоит задача научить их блестяще снимать. Это и невозможно при том объеме курса «Основы кинооператорского мастерства», который читается студентам-режиссерам. Цель курса – привить им понимание принципов построения визуального повествования. Которое впоследствии им нужно будет реализовывать на площадке совместно с художником-постановщиком и, главное, оператором-постановщиком.

*Обращение к кинематографическому опыту российской и зарубежных киношкол*

Одной из важнейших задач курса является развитие у студентов эстетического вкуса и навыков профессионального анализа фильма с точки зрения реализации оператором поставленной режиссером драматургической и художественной задачи. Для этого необходимо знакомить студентов с лучшими образцами отечественного и мирового кинематографа в области операторского изобразительного искусства, снабдить их теоретическим инструментарием для анализа работ, вовлечь в дискуссию и профессиональное обсуждение.

Важнейшим визуальным материалом, без изучения которого невозможно становление режиссера, являются лучшие работы мирового кино. Перечислю лишь некоторых из известнейших российских и зарубежных кинооператоров прошлых лет и современности, чей опыт в композиционном построении, работу со светом, колористические решения мы исследуем, насколько это позволяет время, в рамках учебного курса.

Свен Нюквист, легендарный оператор Ингмара Бергмана, работавший также с такими гигантами, как Луи Малль, Роман Полански, Фолькер Шлендорф, Вуди Аллен, а в 1986 г. снявший фильм «Жертвоприношение» с Андреем Тарковским.

Джанни ди Венанцо, чья жизнь обрвалась достаточно рано, но его творческая биография была необыкновенно яркой, отметившись работами с такими выдающимися мастерами, как Микельанджело Антониони и Федерико Феллини.

Витторио Стораро, уже упоминавшийся в тексте легендарный оператор, много лет работавший с Бернардо Бертолуччи, Френсисом Фордом Coppолой и Вуди Алленом.

Роджер Дикинс, оператор с ярчайшей творческой биографией, работавший с такими выдающимися режиссерами, как братья Коэн, Сэм Мендес, Дени Вильнев, снявший необычайно много культовых картин, в том числе последних лет.

Эммануэль Любецки, легенда современного кино, самый титулованный (по числу

и качеству наград и премий) действующий кинооператор планеты, работающий с такими культовыми режиссерами, как Алехандро Гонсалес Иньярриту, Альфонсо Куарон, Терренс Малик, братья Коэн.

Павел Лебешев, знаменитейший российский кинооператор, неизменный оператор картин Никиты Михалкова.

Вадим Юсов, легенда отечественного кино, завоевавший широкую международную известность, благодаря многолетнему сотрудничеству с Андреем Тарковским и Георгием Данелия. (Автору посчастливилось быть учеником этого выдающегося мастера в годы учебы во ВГИКе.)

Георгий Рерберг, тонкий и точный мастер высокой российской кинооператорской школы, работавший с Андреем Кончаловским и Андреем Тарковским.

Павел Костомаров, оператор и режиссер, в качестве оператора получивший приз за выдающиеся художественные достижения на Берлинском кинофестивале. Последние годы он успешно работает как режиссер-постановщик, снявший ряд уже успевших стать культовыми сериалов («Эпидемия», «Перевал Дятлова»).

Алишер Хамидходжаев, работающий с такими известными современными режиссерами, как Анна Меликян, Алексей Федорченко, Борис Хлебников.

Михаил Кричман, постоянный оператор режиссера Андрея Звягинцева, пожалуй, самого титулованного на всех крупнейших кинофестивалях мира российского режиссера. Кричман и сам является обладателем многочисленных престижнейших наград крупнейших кинофестивалей мира и пользуется широкой международной известностью, единственный российский кинооператор, работающий с известными американскими режиссерами, член Оскаровского комитета.

Знаковым местом для киноискусства в Санкт-Петербурге является киностудия «Ленфильм», старейшая российская кинофабрика. Студенты посещают «Ленфильм» в рамках ознакомительной практики. Также, по рекомендации автора, ходят на просмотры в кинотеатр «Ленфильм» и на специальные программы «Ленфильм-клуба». Приобщение к кинокультуре, на наш взгляд, необычайно важно и играет, возможно, не меньшую роль, чем прослушивание курса лекций. А в легендарных стенах «Ленфильма», где были сняты сотни известнейших отечественных картин, дух творчества и кино буквально витает в воздухе.

Из блестящей плеяды ленфильмовской кинооператорской школы упомянем лишь одного – Эдуарда Розовского. Он был человеком-легендой и за свою необычайно пло-

довитую творческую жизнь снял около восьми десятков картин, среди которых такие, как сказали бы сейчас, культовые фильмы, как «Человек-амфибия» (1961, режиссеры Владимир Чеботарев, Геннадий Казанский), «Начальник Чукотки» (1966, режиссер Виталий Мельников), «Белое солнце пустыни» (1970, режиссер Владимир Мотыль).

### Заключение

Несмотря на то, что техническая основа экранного искусства меняется и происходящие технико-технологические изменения в развитии медиа средств [7] необходимо учитывать в учебном процессе, обновлять техническую базу, акцент в подготовке режиссера кино и телевидения должен быть на образно-выразительном решении произведения, на состоятельности студента как художника.

Качество подготовки специалистов по дисциплине «Основы кинооператорского мастерства» зависит от продуманной и эффективной методики, сочетающей как теоретические, так и практические аспекты.

В ходе исследования были определены важные для освоения материала, выработки практических навыков, общего эстетического развития студентов аспекты.

Предложенные идеи, педагогические решения, методология опробованы в про-

цессе преподавания дисциплины «Основы кинооператорского мастерства» на кафедре режиссуры мультимедиа СПбГУП. Найденные решения могут быть использованы применительно к другим направлениям обучения в системе высшего профессионального образования.

### Список литературы

1. Сошников В.Д., Денисов А.В., Югай И.И. Искусство мультимедиа. Мультимедиа и творчество. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, 2012. 352 с.
2. Стил кинооператора [Кинофильм]: док. фильм / реж. Дж. Фауэр. США: «ARRI», «Kodak», «Technicolor», «The American Society of Cinematographers», 2006.
3. Югай И.И. Проблемы профессиональной подготовки специалистов для работы с медиа-технологиями // Педагогика искусства. 2013. № 4. С. 389–393.
4. Югай И.И. Формообразующие принципы и художественно-конструктивные особенности произведений медиа-искусства // Университетский научный журнал. 2018. № 36. С. 110–118.
5. Сошников В.Д. Система практических заданий как фактор повышения качества подготовки режиссеров мультимедиа // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12–2. С. 460–464.
6. Yoo A. Met Exclusive: Interview with Rodney Smith // mymodernmet.com. [Electronic resource]. URL: <https://my-modernmet.com/rodney-smith-interview/> (date of access: 15.12.2020).
7. Югай И.И. Основные этапы освоения медиатехнологий искусством // Вопросы культурологии. 2013. № 4. С. 18–22.

УДК 374:378.14

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО АПРОБАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ МЕТОДИКИ «ЗАНИМАЮСЬ ОДИН» ПО ВОСПИТАНИЮ ПЕДАГОГА-ВОКАЛИСТА В УНИВЕРСИТЕТЕ ЦЗЯМУСЫ

Ду Хуэйцю

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»,  
Санкт-Петербург, e-mail: galkax@mail.ru

Предметом статьи является анализ инновационной программы для самостоятельной работы студентов на вокальном факультете – аудиокурса под названием «Занимаюсь один». Он разработан преподавателями института музыки Университета Цзямусы в Китайской Народной Республике и апробирован при участии автора статьи на базе вокального факультета названного института музыки начиная с 2008 г. Раскрываются импульсы, побудившие создание программы «Занимаюсь один»: небольшая результативность самостоятельной работы начинающих вокалистов, необходимость в максимально короткие сроки поднять общекультурный уровень студентов-бакалавров. Анализируются структура аудиокурса – его деление на лекционную и практическую части, их содержание, основанное на изучении европейского и национального вокально-педагогического опыта; входящие в него тренинги. Программа рассчитана на четыре курса бакалавриата. Подробно характеризуется последний педагогический эксперимент в 2015–2019 гг. Освещаются особенности проведения констатирующего, формирующего и контрольного этапов. В заключении статьи внимание уделяется рассмотрению положительных аспектов новаторской разработки, а также изучению результатов, которые были получены после апробации аудиокурса «Занимаюсь один». Они свидетельствуют не только об интенсивном освоении вокала, культурном росте, но и психологическом развитии обучающихся.

**Ключевые слова:** университет Цзямусы, инновационная методика, аудиокурс «Занимаюсь один», самостоятельная работа студента, вокальная педагогика, рефлексия, вокальная техника

## PEDAGOGICAL EXPERIMENT ON TESTING OF INNOVATIVE METHODOLOGY «I DO ONE» ON EDUCATION OF TEACHER-VOCALIST AT JIAMUSI UNIVERSITY

Du Huiqiu

The Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, e-mail: galkax@mail.ru

The subject of the article is an analysis of an innovative program for the independent work of students at the vocal faculty – an audio course called «I do one». It was developed by teachers of the Institute of Music of Jiamusa University in the People's Republic of China and tested with the participation of an article on the basis of the vocal faculty of the named Institute of Music, since 2008. Impulses have been revealed that prompted the creation of the program «I do one»: a small performance of the self-productive work of a novice vocalist, the need to raise the general cultural level of bachelor students as soon as possible. The structure of the audio course is analyzed – its division into lecture and practical parts, their content, based on the study of European and national vocal and pedagogical experience, training included in it. The audio course is designed for four undergraduate courses. The last pedagogical experiment is described in detail – from 2015-2019. The peculiarities of carrying out the recording, forming and control stages are highlighted. The inclusion of the article focused on the positive aspects of the innovative development, as well as the study of the results that were obtained after the testing of the audio course «I do one». They testify not only to the intensive development of vocals, cultural growth, but also to the psychological development of students.

**Keywords:** Jiamusi University, innovative technique, audio course «I do one», independent work of a student, vocal pedagogy, reflection, vocal technique

С конца XIX – начала XX в. система вокального образования в Китае коренным образом преобразуется. Оно осваивает европейский академический вокал и европейский классический репертуар. Важнейшим этапом в этом процессе стали выдающиеся культурные преобразования, связанные со становлением нового Китая в 1949 г. После десятилетия Культурной революции (1966–1976), отрицательно сказавшейся на всех сферах образования, с 1976 г. начинается политика реформ и открытости. Под влиянием мировых культурных процессов китайская вокальная педагогика вступает в новую эпоху развития, достигая высокого признания [1]. Являясь стержнем

преобразований, государство в 1990 г. открывает на базе Университета Цзямусы институт музыки с вокальным факультетом, ориентированным на обучение студентов академическому пению и подготовку преподавателей в этой области [2]. Следует учесть, что абитуриенты, поступающие на факультеты музыки педагогических университетов КНР, в целом недостаточно хорошо подготовлены. Поэтому сегодня для воспитания музыкантских кадров используются западные педагогические системы, предназначенные для детей. В частности, в Китае широко популяризируется система К. Орфа. Причем это касается не только детского музыкального об-

разования, но и вузовского [3, 4], тем более что при институте музыки функционируют подготовительные курсы.

Стремление руководства Университета Цзямусы при помощи инновационного пути развития в области вокального искусства выйти на новый уровень образовательной ступени обеспечивает не только повышение качества образования студентов, но и снабжает учебные учреждения региона кадрами высшей категории, владеющими необходимыми знаниями, умениями и навыками, а также обладающими уникальными методами и приемами работы. Являясь частью социальной жизни общества, институт музыки Университета Цзямусы в свете перманентно и быстро меняющихся условий и требований, предъявляемых к вузу государством, претерпевает глубокие преобразования, что подтверждается огромным количеством внедряемых в образовательный процесс вуза новаторских технологий, способствующих повышению качества обучения студентов. Конкурентоспособность вуза сегодня определяется во многом способностью реализовать учебные планы, используя инновационные технологии. Следствием этого стало проявление интереса преподавателей к методикам, основанным на концепции развивающего обучения и опирающимся на активную познавательную позицию обучающегося (подробнее – учебное пособие И.Ю. Соколовой и Л.Б. Гиль [5]).

Необходимость модернизировать систему вокального образования на основе внедрения инновационных технологий была осознана профессорско-преподавательским составом вокального факультета института музыки, в том числе автором данной статьи (Ду Хуэйцю), еще в 2005 г. и даже ранее. Эта мысль привела к разработке аудиокурса «Занимаюсь один», способствующего углублению и совершенствованию качества образования вокалистов в нашем вузе.

Целью данной статьи является изучение теоретических основ программы «Занимаюсь один» и практических результатов по ее внедрению в образовательный процесс. Материалом исследования становятся структурные элементы аудиокурса и обобщение сведений по изучению его внедрения в практику. Важнейшими методами исследования являются наблюдение, педагогический эксперимент, теоретическое обобщение на основе междисциплинарного гуманитарного подхода, включающего психологические, музыкально-педагогические и музыковедческие составляющие.

Уникальный аудиокурс разрабатывался педагогами института музыки на протяже-

нии трех лет и в течение последующих семи лет корректировался и дополнялся на практике. Изначально он был направлен на ускоренное освоение обучающимися знаний в сфере музыкального искусства (необходимость в кратчайшие сроки повысить их культурный уровень актуальна по сей день) и одновременно оптимизацию в получении знаний, умений и навыков в области вокального исполнительства, чтобы к тому же этот процесс оптимизации осуществлялся не только за счет аудиторных часов, зафиксированных в учебном плане, но и благодаря разумному планированию самостоятельной работы студента. Следует указать, что становление вокальной педагогики в Китайской Народной Республике основано на анализе и синтезе зарубежных методик, разработанных такими выдающимися деятелями мирового оперного искусства, как Э. Фреэццолини, К. Эверарди, Ф. Ламперти, М.А. Дейша-Сионицкая, М. Маркези, Л. Тетрацини, М. Гарсиа, Ю. Штокхаузен, Г. Ниссен-Саломан, Н.А. Ирецкая, а также китайскими мастерами академического и традиционного вокала – Ван Шижагом, Дин Жуянь, Шэнь Сян и др. Их педагогические работы, а также труды других авторов по этому вопросу тщательно исследовались преподавательским коллективом Университета Цзямусы и оказали огромное влияние на формирование содержания образовательного пространства вокального факультета института музыки. На основе поликультурного принципа (он явно просматривается в обращении к достижениям вокалистов разных стран) был достигнут высокий содержательный уровень лекционного и практического разделов в инновационной программе «Занимаюсь один».

При разработке аудиокурса учитывалась принципиальная особенность вокальной педагогики, связанная с настройкой и постановкой голосового аппарата. Обычно эта «работа происходит под тщательным контролем опытного преподавателя, помогающего начинающему певцу отрегулировать и настроить певческий аппарат. Не секрет, что часто все то, что достигается на уроке под руководством наставника, теряется, когда студент остается один на один со своим хрупким «инструментом» – голосом. Эта ситуация знакома всем вокалистам, особенно тем, которым приходится исправлять какие-то изъяны предшествующего этапа постановки голоса. В таком случае уроки превращаются в единственную форму работы, и ждать закрепления достигнутого приходится очень долго» [2, с. 168]. Именно такая ситуация стала своего рода импульсом для создания аудиокурса. Его суть –

сделать самостоятельную работу студента как можно более результативной. Вторая причина – в максимально короткие сроки поднять общекультурный уровень студентов-бакалавров. Ведь, в отличие от России, абитуриенты факультетов музыки (в том числе и вокалисты) педагогических университетов в основном не заканчивают средних специальных учебных заведений, порой даже не обучаются в музыкальной школе. Вся их подготовка – занятия с частным педагогом или в кружке при молодежном доме творчества [1].

Содержание аудиокурса выстраивалось постепенно, пройдя несколько этапов апробации. С 2008 г. аудиокурс «Занимаюсь один» уже вводился как часть образовательной деятельности студента на вокальном факультете института музыки Университета Цзямусы. Его главной задачей являлось раскрытие интеллектуально-познавательного и творческого потенциалов каждого из участников образовательного процесса, реализация их устремлений к достижению поставленных целей. Пройдя несколько лет проверки, его содержание постоянно корректировалось.

Сегодня аудиокурс является программой самостоятельной работы для студентов-вокалистов на уровне бакалавриата. Он делится на два уровня, каждый из которых ориентирован на определенный курс (в Университете Цзямусы на бакалавриате обучаются 4 года). «Каждый уровень содержит лекционную и практическую части (тренинги, релаксирующие упражнения) и обязательно – место для записи собственных результатов вокальной работы» [2, с. 168].

В лекционную часть входят сведения по истории и теории вокальной педагогики. Она также включает выдержки из высказываний выдающихся мастеров певческого искусства, советы педагогов – западноевропейских и российских классиков в этой области (см. перечисленный ранее список), китайских вокалистов. В ней есть материалы по художественной культуре в целом.

Еще более важна *практическая часть* аудиокурса, которая представляет собой анализ всех этапов вокальной работы. Обращается внимание на позу певца, выбор распевки, на произнесение текста (вплоть до лингвистических тонкостей), его вокализацию. Сделан акцент на певческих элементах. Обращается внимание на восприятие своего исполнения, его анализ, умение контролировать дыхание, артикуляционные, динамические и агогические нюансы (с каждым курсом они становятся все сложнее). Особо важными являются *материалы для релакса*.

Их освоение оберегает начинающего вокалиста от перегрузок певческого аппарата и общих психических затруднений.

Входящие в практическую часть *тренинги* представляют собой не дословное повторение тех упражнений, которые «студент отработывал на уроке с преподавателем, и все же самостоятельная работа коррелирует с программой обучения» [2, с. 169]. Порой, занимаясь со студентом, преподаватель вынужден концентрировать внимание на каком-то отдельном приеме, «пожертвовав иными элементами вокального штудирования. Аудиотренинг на данную тему восполнит недостающие, оказавшиеся менее значимыми именно для данного студента упражнения» [2, с. 169]. По существу, эти тренинги представляют собой небольшую хрестоматию певческих упражнений в форме коротких попевок, охватывающих диапазон первой октавы. Распевание происходит сначала на основе только «мычания» или вокализации гласных *У, О, Я*, затем подключаются слоги *Лё, Ми, Ма* (на старших курсах).

Наиболее полноценный эксперимент начался в 2015 г. На *констатирующем этапе* участвовали все студенты, поступившие на 1 курс (20 человек). Он включал выполнение предварительных теоретических и практических заданий. Ими являлась часть вступительных экзаменов: исполнение вокальной программы по заданному жанрово-стилевому принципу; коллоквиум по музыкальной литературе и художественной культуре; проверка основных музыкальных способностей, остроты музыкального восприятия, технических навыков и качества сольфеджирования. Оценки выставлялись по каждому из заданий, исходя из десятибалльной системы. Проходным был выбран уровень в 5 баллов по каждому из заданий, то есть минимальный совокупный балл – 15. Двадцать принятых абитуриентов набрали от 18 до 28 баллов (максимальных 30 баллов никто из будущих студентов не заслужил). Экспериментальная группа (10 человек) включала студентов с разными показателями на вступительных экзаменах по названным трем проверочным заданиям (остальные 10 ребят вошли в контрольную группу).

*Формирующий эксперимент* начался с первой недели обучения, когда студентам экспериментальной группы были выданы материалы курса «Занимаюсь один» и проведена для них консультация по организации самостоятельной работы на основе данного аудиокурса. При этом каждый из участников курировался своим преподавателем по во-

калу по вопросам правильного использования материалов самостоятельной работы. В течение всех четырех лет обучения на бакалавриате аудиокурс обновлялся три раза: осенью 2016, 2017 и 2018 гг. В конце первого, второго и третьего курсов проводились промежуточные контрольные срезы. Ими становились итоговые выступления по специальности (экзамены, зачеты), переходные экзамены и зачеты по сольфеджио, истории музыки, эстетике. Их сдавали студенты и экспериментальной, и контрольной групп. Таким образом, уже в конце первого курса, на основе сравнения итоговых результатов, можно было отметить, что представители экспериментальной группы достигают значительно больших успехов в обучении по всем показателям: и освоения певческих навыков, и расширения общекультурного кругозора.

*Контрольным экспериментом* стал итоговый экзамен по специальности и собеседование на знание истории и теории вокального искусства, а также камерно-вокального академического репертуара – классического европейского (в том числе русского) и национального – произведений китайских композиторов (в 2019 г.). Результаты государственного экзамена и собеседования анализировались нами в аспекте дифференциации выпускников на контрольную и экспериментальную группы. Студенты последней группы показали значительно выше результат и в плане технического, и музыкального развития. Это сказалось на понимании выученной программы и культурном росте выпускников в целом. Более того, все они закончили бакалавриат с более высоким баллом, нежели поступали.

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

Таким образом, было установлено, что создание аудиокурса «Занимаюсь один», его успешная апробация привели к внедрению программы в образование. Это позволило уже в первые годы ее функционирования в вузе улучшить обучение молодых специалистов, особенно их подготовку к преподавательской деятельности, так как программа содержит крепкую, детально разработанную теоретическую основу. Данное обстоятельство способствовало притоку высококомпетентных педагогических кадров в учебные заведения, от чего во многом зависит повышение уровня образования в стране.

Не менее важным является и то, что в связи с внедрением новаторского аудиокурса в институт музыки в нем за последние 10 лет в два раза увеличилось число педаго-

гов-вокалистов, прошедших курсы повышения квалификации. Многие их наставники, а прежде всего сами слушатели проявляют инициативу в обращении к программе «Занимаюсь один». Она помогает им совершенствоваться, развивать и свое мастерство, и мастерство своих обучающихся; уметь предвидеть нестандартные решения различных педагогических ситуаций.

Уникальность аудиокурса заключается в соединении в нем теоретического и практического начал, как сочетания взаимообогащающих аспектов, необходимых для полноценного развития знаний, умений и навыков обучающегося. 45 минут преподаватель не только высокопрофессионально работает со студентом, но и помогает ему наметить динамику его самостоятельной работы на основе аудиокурса. Импровизационное начало, как в работе преподавателя, так и студента, является неотъемлемой частью глубокого понимания идеи аудиокурса и правильного выбора пути в обучении и преобразования инновационной методики, ее постоянного обновления.

Ценным качеством аудиокурса является то, что в процессе обучения студенты должны постоянно рефлексировать, активно анализировать, размышлять, дискутировать по многим основополагающим аспектам вокальной педагогики. Это развивает в них такие важные качества, как:

- понимание основ новаторской разработки;
- осознание ее ценных составляющих;
- постоянный контроль процесса обучения (в классе с педагогом и при самостоятельной работе).

Обращение к материалам аудиокурса представляет интерес для студентов не только с содержательно-профессиональной стороны. Мотивация занятий по программе «Занимаюсь один» усиливается исключительным интересом молодежи к современным информационным технологиям, самим процессом работы с аудиозаписями.

Одной из главнейших задач наставника является эстетическое воспитание личности, при котором особое внимание уделяется психологии обучающегося. На основании психологической диагностики, которая происходит в классе, дальнейшая организация учебного процесса продолжается с учетом индивидуальных особенностей студентов – «свойств нервной системы (темперамента), функциональной симметрии-асимметрии полушарий головного мозга (ФСА), когнитивных стилей» [5]. Ведение педагогического процесса без учета психофизиологических особенностей обучающихся – одна из главных причин «недостаточного каче-

ства обучения и качества подготовки специалистов в вузе» [5].

Аудиокурс «Занимаюсь один» ориентирован на разные типы нервной системы, темперамента и других психических функций. В зависимости от психологического портрета студента, ему вручается тот или иной вариант аудиокурса.

#### Заключение

Академическое вокальное искусство в Китае еще достаточно молодо, поэтому для китайских специалистов особую ценность представляет педагогический и исполнительский опыт других стран. На сегодняшний день руководством страны поддерживается практика сравнительного анализа вокальной школы КНР с зарубежными достижениями. Цель этого сравнения – выявление новаторских черт и взаимосвязи с другими национальными педагогиками, чтобы внедрять лучшие образцы в свою образовательную систему.

Вокальный факультет института музыки Университета Цзямусы является культурным и педагогическим центром региона, воплотившим в своей деятельности черты национальных и общемировых традиций в области современного вокального образования, особенно в области инновационных разработок, к которым относится аудиокурс «Занимаюсь один». Его организация основана на поликультурном подходе. Именно этот подход, обоснованный в диссертации Р.А. Егоровой (только на примере обучения эстрадному вокалу [6]), является определяющим принципом в обучении вокалиста.

В процессе данного исследования было выявлено, что создание инновационного аудиокурса «Занимаюсь один», его апробация и внедрение не ограничиваются только пространством Университета Цзямусы, а приводят к реорганизации современной системы вокального образования в Китае. Об этом свидетельствует обращение других вузов за опытом его разработки.

Занимая одну из ключевых позиций в формировании музыкальной культуры региона и в то же время являясь его центром по подготовке высокопрофессиональных специалистов в области певческого искусства, вокальный факультет института музыки Университета Цзямусы не только поднимает уровень музыкального образования, но и наполняет провинцию профессиональными музыкантами, развивает национальную культуру [1].

Сохранение национального наследия и дополнение его мировыми методическими достижениями позволяет в образовательной системе китайского вуза синтезировать лучшее, соединив опыт предков и современных специалистов. Это является неотъемлемым обстоятельством актуальности, востребованности и ценности опыта института музыки Цзямусы, во многом сфокусированном в аудиокурсе «Занимаюсь один».

#### Список литературы

1. Ду Хуэйцзо. Генезис современной структуры вокального образования в КНР // Музыкальная культура глазами молодых ученых: сборник научных трудов / Ред.-сост. Н.И. Верба, научн. ред. Р.Г. Шитикова. СПб.: Астерион, 2017. Вып. 12. С. 170–174.
2. Ду Хуэйцзо. Экспериментальная программа для самостоятельной работы вокалиста в институте музыки Университета Цзямусы (КНР) // Музыкальная культура глазами молодых ученых: сборник научных трудов / Ред.-сост. Н.И. Верба, научн. ред. Р.Г. Шитикова. СПб.: Астерион, 2019. Вып. 14. С. 167–171.
3. Бо Яцзэ. Необходимость изучения метода преподавания К. Орфа при подготовке профессиональных музыкальных кадров в педагогических вузах // Вестник Педагогического университета г. Ланьчжоу. Ланьчжоу: изд-во Педагогического университета, 2013. С. 19–27.
4. Чжан Цин. Система К. Орфа в музыкальном образовании дошкольников Китая: дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2018. 148 с.
5. Соколова И.Ю., Гиль Л.Б. От самопознания к самореализации и здоровьесбережению: учебное пособие. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. 101 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2010/m32.pdf> (дата обращения: 25.12.2020).
6. Егорова Н.А. Поликультурный подход в обучении подростков эстрадному вокалу в учреждениях дополнительного образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2018. 210 с.

УДК 376.112.4

## РОЛЬ ДИДАКТИЧЕСКИХ ИГР В ПРОФИЛАКТИКЕ ПРЕДПОСЫЛОК ДИСГРАФИИ У СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ С ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ЗАПУЩЕННОСТЬЮ

<sup>1,2</sup>Евтушенко И.В., <sup>2</sup>Оксенюк О.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет»,  
Москва, e-mail: evtivr@rambler.ru;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,  
Севастополь, e-mail: oksenyuk-o@mail.ru

Проблемы с обучением детей с нарушениями письменной речи чтению и письму существовали практически всегда, но лишь в последние десятилетия к ним стали относиться со всей серьезностью. Хотя большинство педагогов, специалистов и родителей сталкивались с такими терминами, как дислексия, дизорфография и дисграфия в прошлом, не все владели и не все владеют компетенциями их правильного определения, предупреждения и преодоления. В настоящее время основное внимание исследователей в области логопедической помощи направлено в сторону как можно более ранней диагностики отклонений, в том числе в речевом развитии ребенка, и раннего начала комплексной коррекционной работы, что связано с увеличением количества детей, которые имеют трудности в учебе. Авторы статьи, опираясь на обобщенный и систематизированный собственный практический опыт, представили особенности технологии профилактики и преодоления предпосылок нарушений письменной речи у детей старшего дошкольного возраста с помощью различных дидактических игр, что способствует повышению успешности образовательного процесса по подготовке к обучению в школе, социализации и предупреждению возникновения негативных личностных качеств вторичного характера у детей.

**Ключевые слова:** дидактическая игра, старший дошкольный возраст, нарушения письменной речи, дисграфия

## THE ROLE OF DIDACTIC PLAYING IN THE PREVENTION OF PRESCRIPTIONS OF DISGRAPHY IN SENIOR PRESCHOOLERS WITH PEDAGOGICAL DESTRUCTION

<sup>1,2</sup>Evtushenko I.V., <sup>2</sup>Oksenyuk O.V.

<sup>1</sup>Moscow State Pedagogical University, Moscow, e-mail: evtivr@rambler.ru;

<sup>2</sup>Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: oksenyuk-o@mail.ru

Problems with teaching children with writing impairments to read and write have almost always existed, but only in recent decades have they begun to be taken seriously. Although most educators, professionals, and parents have come across terms such as dyslexia, dysorhography, and dysgraphia in the past, not all have and are proficient in the competencies to correctly identify, prevent and overcome them. Currently, the main attention of researchers in the field of speech therapy is directed towards the earliest possible diagnosis of deviations, including in the child's speech development and the early start of complex corrective work, which is associated with an increase in the number of children who have learning difficulties. The authors of the article, relying on generalized and systematized their own practical experience, presented the features of the technology for the prevention and overcoming of the prerequisites for violations of written speech in children of senior preschool age with the help of various didactic games, which helps to increase the success of the educational process in preparing for school, socialization and prevention of the occurrence negative personal qualities of a secondary nature in children.

**Keywords:** didactic game, senior preschool age, writing disorders, dysgraphia

Значительное увеличение численности младших школьников с нарушениями письменной речи, обусловлено игнорированием возникновения предпосылок развития дисграфии в дошкольном возрасте. Поскольку письмо является важным средством дальнейшего обучения в школе и успешной подготовки к самостоятельной жизни, профилактика данного нарушения чрезвычайно важна [1–3].

Среди дошкольников можно выделить «группу риска» в появлении дисграфии по ряду определенных предпосылок. К негативным предпосылкам нарушений письменной речи относятся: перинатальные и постнатальные вредности; отклоняющее-

ся от нормативного развитие устной речи; задержка у ребенка психического развития; выраженная незрелость изобразительных возможностей; наличие билингвизма. Одним из обстоятельств возникновения предпосылок к развитию дисграфии в старшем дошкольном возрасте является педагогическая запущенность. Дети с педагогической запущенностью затрудняются участвовать в игровой, познавательной, а позже в трудовой и других видах повседневной деятельности. При этом процесс социализации и их адаптации в обществе проходит с наличием значительных проблем. Запущенность личностного развития дошкольника проявляется в виде несформированности

самосознания при выраженном нарушении образа «Я», в трудностях становления необходимого для обучения произвольного внимания. Это все способствует возникновению предпосылок развития дисграфии. Важной предпосылкой дисграфии является несформированность визуально-пространственных представлений, зрительного изучения, синтеза, что ограничивает дифференциацию схожих по написанию букв при овладении грамотой и, как следствие, вызывает у дошкольника развитие оптических дисграфических расстройств. При этом многие теоретические вопросы возникновения предпосылок к появлению трудностей обучения письму у детей старшего дошкольного возраста остаются недостаточно изученными. Этим обуславливается потребность более глубокого изучения условий преодоления предпосылок оптической дисграфии у детей с педагогической запущенностью старшего дошкольного возраста посредством применения дидактических игр [4–6]. Таким образом, было выявлено противоречие между необходимостью устранения предпосылок дисграфии у детей с педагогической запущенностью старшего дошкольного возраста и недостаточным количеством соответствующих методических рекомендаций. Проблема исследования: выявление предпосылок дисграфии у детей с педагогической запущенностью старшего дошкольного возраста и поиск эффективных путей их преодоления. Цель исследования – определение влияния дидактических игр, специально подобранных для преодоления предпосылок дисграфии у старших дошкольников с педагогической запущенностью. Гипотезой исследования выступило предположение о том, что специально подобранные дидактические игры с применением геометрических фигур, палочек Кюизенера, конструктора LEGO, разрезных картинок и др., направленные на развитие у старших дошкольников пространственно-зрительных представлений, зрительной аналитико-синтетической деятельности, а также мелкой моторики рук, внимания и памяти, позволят преодолеть выявленные предпосылки дисграфии у детей с педагогической запущенностью старшего дошкольного возраста. Среди методов исследования нами были использованы теоретические методы: анализ, синтез, конкретизация, сравнение, обобщение данных, представленных в психолого-педагогических и учебно-методических публикациях; эмпирические методы: наблюдение, диагностирование, систематизация опыта; математические методы: качественная и количественная обработка данных [7–9]. Базой исследова-

ния в 2019/2020 учебном году стало МБОУ «Новосветский учебно-воспитательный комплекс детский сад – начальная школа "Исток"» городского округа Судак. В исследовании приняли участие пятнадцать детей в возрасте от шести до семи лет с выявленной педагогической запущенностью.

Эффективным средством формирования личности дошкольника, его ведущей деятельностью является игра, требующая создания определенных условий для своей реализации. В логопедических группах для детей существует своя специфика организации и проведения игровой деятельности, связанная с психофизическими и речевыми особенностями детей [10–12]. Самыми распространенными в арсенале педагога логопедической группы являются дидактические игры, способствующие расширению кругозора детей и обогащению их словарного запаса. Именно в таких играх естественно согласуются игровая и учебная деятельность, сочетается игровая и познавательная мотивация. С помощью игры активируются различные когнитивные функции, такие как прием и интерпретация сенсорных данных, процессы мышления или создания когнитивных единиц в виде мысленных образов, символов и понятий, а также операций по формированию логики, как объяснение и оценка. В процессе игровых занятий дети изучают разные правила, запоминают их и применяют в нужный момент. Особое значение имеет буквальное запоминание сложных правил, определений и выражений, усвоение которых детьми затруднено. Многообразие дидактических игр может быть представлено следующей классификацией: игры с сюжетной линией, игры-драматизации и инсценировки; игры с использованием кинезиологических упражнений или двигательным сопровождением; игры с использованием игрушек или их заменителей; игры с печатным или рукописным дидактическим материалом. Дидактические игры с игрушками широко распространены в деятельности педагогов логопедической группы, поскольку применение игрушки в качестве сказочного, анимационного, игрового персонажа, приходящего к детям с просьбой помочь, научить, вызывает у них различные позитивные эмоции и, наряду с развитием психоречевой деятельности, формирует положительные личностные качества. Особое место в коррекционно-развивающем процессе отводится специальным игрушкам, которые помогают облегчить работу логопеда и сделать ее интереснее и эффективнее. Настольно-печатные игры (паззлы, кубики, лото, домино, парные картинки) удобны и доступны в ис-

пользовании, не нуждаются в изготовлении педагогом и продумывании хода игры. Музыкально-дидактические игры, способствующие развитию у детей дифференциации слухового восприятия, определению источника и направления звучания, мелодии по высоте, силе, тембру, ритму, динамике, улучшают внимание и память дошкольников. Сенсорные игры требуют практических действий с предметами с целью изучения и закрепления их основных свойств, воспринятых различными способами с помощью зрения; слуха; прикосновения; движения; обоняния; вкуса. Интеллектуальные игры благодаря решению проблемно-поисковых и логических задач способствуют развитию у детей мыслительной деятельности, что позволяет формировать умение адекватно устанавливать причинно-следственные связи и с помощью речи обосновывать свои соображения, используя не только простые, но и сложносочиненные и сложноподчиненные предложения. Компьютерные игры постепенно включаются в учебно-воспитательный процесс логопедической группы. С помощью компьютера детям предлагаются для усвоения такие свойства объектов окружающего мира, которые затруднены для восприятия при применении традиционных средств обучения. Компьютерные технологии позволяют выявить способы и последовательность выполнения упражнений артикуляционной и пальчиковой гимнастики, визуализировать качества голоса и звукоизвлечения при проговаривании определенных звуков, по продолжительности, частотам, динамическим оттенкам [13–15].

Наше исследование состояло из ряда этапов: содержанием *аналитического этапа* (декабрь 2019 г.) являлось осуществление подбора и анализ результатов научных исследований; определение методологической основы исследовательской деятельности, выделение объекта и предмета, формулирование цели, гипотезы и задач; в ходе *диагностического этапа* (январь 2020 г.) было проведено исследование, направленное на выявление предпосылок дисграфии у детей с педагогической запущенностью старшего дошкольного возраста; на *этапе формирующего эксперимента* (февраль – июнь 2020 г.) было разработано и реализовано содержание программы, направленной на преодоление предпосылок оптической дисграфии у детей с помощью дидактических игр; в ходе *итогового этапа* (сентябрь 2020 г.) был проведен контрольный педагогический эксперимент определивший эффективность проведенной логопедической работы.

Результатами констатирующего этапа исследования стало выявление предпосылок оптической дисграфии у детей старшего дошкольного возраста с педагогической запущенностью. При выборе методик и способов обследования детей учитывался возраст и индивидуальные особенности, принимались во внимание особенности эмоциональных реакций. Выявлялись зрительно-пространственные представления, зрительный анализ и синтез, а также особенности внимания, восприятия, мыслительных процессов, памяти у педагогически запущенных детей, оказывающих непосредственное влияние на наличие предпосылок развития оптической дисграфии. Диагностическая методика логопедического обследования включала игры-упражнения, направленные на выявление особенностей рядоговорения; чувства ритма; мелкой моторики рук по методикам диагностики психомоторного развития, «кулак – ладонь – ребро»; повторения цифр; изображения геометрических фигур; ориентации «право – лево» (А.Н. Корнев, Н.И. Озерцкий). В ходе обработки полученных результатов вычислялось количество баллов, полученных за каждое задание. Выявленные качественные показатели диагностических методик были соотнесены с показателями уровней выраженности предпосылок дисграфии: 75–100% верно выполненных заданий соответствовали *третьему* (оптимальному) уровню; варьирование от 50,1 до 74,9% правильно выполненных заданий соотносилось со *вторым* (допустимым) уровнем; дети, правильно выполнившие до 50% заданий, относились к *первому* (критическому) уровню. Тестирование детей проводилось на констатирующем и контрольном этапах исследования.

Диагностическое обследование по выявлению предпосылок дисграфии у детей с педагогической запущенностью старшего дошкольного возраста выявило наличие предпосылок дисграфии практически у всех детей. Наибольшее количество, четверо детей (26,67%), справились с заданием «Рядоговорение», правильно ответив на все вопросы, оставшиеся одиннадцать человек (73,33%) смогли ответить правильно только на один из двух заданных им в процессе тестирования вопросов. Наименьшее количество детей справились с заданиями «Оценка мелкой моторики рук», «Кулак – ладонь – ребро» и «Изображения геометрических фигур». Так, при выполнении задания «Оценка мелкой моторики рук» тринадцать детей (86,67%) правильно выполнили одно из двух заданий, остальные двое детей (13,33%) не смогли выполнить ни одного задания. При выполнении зада-

ния «Кулак – ладонь – ребро» только десять детей (66,67%) правильно выполнили одно из двух заданий, остальные пятеро детей (33,33%) не смогли выполнить ни одного задания. При выполнении задания «Изображения геометрических фигур» одиннадцать детей (73,33%) правильно выполнили одно из двух заданий, остальные четверо детей (26,67%) не смогли выполнить ни одного задания. Таким образом, было установлено, что среди обучающихся, принявших участие в исследовании, практически у всех были выявлены нарушения в развитии мелкой моторики рук, зрительного гнозиса, а также внимания и памяти. Оптимальный уровень готовности к овладению письменной речью, выявленный у одного ребенка (6,67%), свидетельствовал о нормативно протекающем речевом и интеллектуальном развитии. При этом у восьмерых детей (55,33%) был выявлен допустимый уровень тяжести, который указывал на наличие предпосылок оптической дисграфии. Шестеро детей (40%) соответствовали критическому уровню тяжести недоразвития общей и мелкой моторики, по наличию предпосылок оптико-пространственной дисграфии, что указывало на угрозу риска возникновения оптической дисграфии в школе. Таким образом, была обоснована необходимость проведения коррекционно-развивающей работы, направленной на преодоление имеющихся нарушений развития, у детей данных групп.

Этап формирующего эксперимента был посвящен разработке и апробации методики использования дидактических игр с применением геометрических фигур, конструктора LEGO, лабиринтов, серий разрезных картинок, в профилактике предпосылок дисграфии у старших дошкольников с педагогической запущенностью. Коррекционно-развивающее обучение реализовывалось в индивидуальной форме в свободной деятельности обучающихся дошкольной образовательной организации, что способствовало совершенствованию личностных характеристик всех детей в процессе освоения окружающей действительности через творческую активность, развитию познавательных способностей дошкольников. Использование LEGO на логопедических занятиях включало: практическое конструирование, обучение грамоте, развитие речи с опорой на визуальный и тактильный контакт. Применение конструктора LEGO в игровом взаимодействии учителя-логопеда с дошкольниками повышало результативность качества коррекционных и обучающих мероприятий, поскольку было направлено на развитие лексики де-

тей при изучении определенной темы; обогащение словаря; расширение творческого потенциала; визуализацию конструктивной деятельности; становление грамматических навыков при согласовании числительных с существительными; формирование правильного, размеренного дыхания; постановку и совершенствование отдельных звуков при построении сказочных лесенок, ступеней, дорожек из конструктора, которые ребенок проходил, произнося необходимые слоги или слова; формирование звуко-слового анализа слова; овладение графическим образом букв путем создания их из конструктора во время обучения грамоте; развитие высших психических функций (восприятия, внимания, мыслительных процессов, памяти); совершенствование мелкой моторики, овладение тонкими дифференцированными движениями пальцев и кистей рук. Применение конструктора в работе над предложением давало возможность ребенку возможность зрительно представить понятие «предложение» и составляющие его части-слова. Кроме этого были использованы игры с детским строительным материалом, пазлами, счетными палочками Кюизенера, с цветными карандашами, бумагой для рисования, развивающими раскрасками, в которых дети рисовали по точкам различные геометрические фигуры и раскрашивали предметы, соединяли предметы по цвету пластилином, соленым тестом.

На завершающем этапе исследования (сентябрь 2020 г.) был проведен контрольный эксперимент, целью которого стало выявление роли дидактических игр в профилактике предпосылок дисграфии у старших дошкольников с педагогической запущенностью. Для диагностики применялись те же методики, что и на констатирующем этапе исследования. В процессе анализа материалов были получены следующие результаты: наиболее успешными дети были в задании «Ориентация на право – лево» – двенадцать человек (80%), правильно ответивших на все вопросы, остальные трое детей (20%) ответили правильно на один из двух заданных им вопросов; наихудший результат был продемонстрирован в заданиях «Субтест повторение цифр», «Кулак – ладонь – ребро» и «Изображения геометрических фигур» – при выполнении задания «Субтест повторение цифр» были успешны семеро детей (46,67%), также семеро детей (46,67%) правильно выполнили одно из двух заданий, один ребенок (6,66%) не справился ни с одним заданием; задание «Кулак – ладонь – ребро» восемь детей (53,33%) выполнили в полном объеме, се-

меру детей (46,67%) правильно выполнили одно из двух заданий; задание «Изображения геометрических фигур» семеро детей (46,67%) выполнили в полном объеме, восемь детей (53,33%) правильно выполнили одно из двух заданий; задание «Рядоговорение» десять детей (66,67%) выполнили в полном объеме, пятеро детей (33,33%) правильно выполнили одно из двух заданий; задание «Ритмы» в полном объеме выполнили девять детей (60%), а шестеро детей (40%) правильно выполнили одно из двух заданий; задание «Оценка мелкой моторики рук» восемь детей (53,33%) выполнили в полном объеме, семеро детей (46,67%) правильно выполнили одно из двух заданий.

### Выводы

Таким образом, оптимальному уровню готовности к овладению письменной речью соответствовали семеро детей (на диагностическом этапе – 1); у семерых детей был выявлен допустимый уровень тяжести (на диагностическом этапе – 8); один ребенок (на диагностическом этапе – 6) по-прежнему соответствовал критическому уровню тяжести недоразвития мелкой моторики рук, зрительного гнозиса, а также внимания и памяти, что указывало на наличие у него органического поражения центральной нервной системы. Подобная результативность подтвердила справедливость нашей гипотезы о повышении эффективности работы по профилактике предпосылок дисграфии у старших дошкольников с педагогической запущенностью с помощью дидактических игр.

### Список литературы

1. Междисциплинарный подход к изучению нарушений развития у детей с ограниченными возможностями здоровья: монография. М.: Спутник+, 2017. 156 с.
2. Программы специальных (коррекционных) образовательных учреждений VIII вида. Подготовительный класс. 1–4 классы / Под ред. В.В. Воронковой. М.: Просвещение, 2013. 176 с.

3. Тишина Л.А. Изучение смыслового компонента процесса чтения у младших школьников // Специфические языковые расстройства у детей: вопросы диагностики и коррекционно-развивающего воздействия М., 2018. С. 277–280.

4. Артемова Е.Э., Тишина Л.А., Глухоедова О.С., Адильжанова М.А. Психолого-педагогические условия формирования профессиональных компетенций у студентов дефектологических факультетов в процессе работы с неговорящими детьми // Вестник МГТУ им. М.А. Шолохова. Педагогика и психология. 2013. № 3. С. 33–38.

5. Герасимова С.Н., Евтушенко И.В. Готовность к работе с детьми с ограниченными возможностями здоровья студентов педагогического колледжа // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12–5. С. 860–864.

6. Евтушенко И.В., Герасимова С.Н. Формирование специальных (дефектологических) компетенций у студентов педагогического колледжа // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 1–1. С. 102–106.

7. Евтушенко И.В. Модель социально-культурной реабилитации обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями) // Культура и образование. 2015. № 4 (19). С. 88–95.

8. Евтушенко И.В., Евтушенко Е.А., Левченко И.Ю. Профессиональный стандарт педагога-дефектолога: проблемы разработки содержания // Конференциум АСОУ. 2015. № 4. С. 684.

9. Соловьева Т.А., Алмазова А.А., Кулакова Е.В. К проблеме усиления практико-ориентированной подготовки учителей-дефектологов по программам прикладного бакалавриата // Наука и школа. 2014. № 4. С. 145–153.

10. Евтушенко Е.А. Использование регулятивной функции театрализованной деятельности в воспитании умственно отсталых детей // Социально-гуманитарные знания. 2010. № 4. С. 341–348.

11. Евтушенко И.В., Чернышова Л.А. Особенности формирования интонационной выразительности речи у младших школьников с задержкой психического развития во внеурочной деятельности // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 11 (2). С. 365–369.

12. Межотраслевые подходы в организации обучения и воспитания лиц с ограниченными возможностями здоровья: монография. М.: Спутник+, 2014. 215 с.

13. Никандрова Т.С., Нурлыгаянов И.Н., Хайритдинова Л.Ф. Личностные особенности учителей-дефектологов с разным уровнем профессиональной востребованности // Дефектология. 2016. № 6. С. 81–87.

14. Правоведение с основами семейного права и прав инвалидов / Под ред. В.И. Шкатулла. М.: Прометей, 2017. 578 с.

15. Тишина Л.А., Денисова И.А. Системный анализ проблемы понимания речи у детей с расстройствами аутистического спектра // Мир специальной педагогики и психологии. М., 2018. С. 138–142.

УДК 378.4:821.14

## КЛАССИЧЕСКАЯ ФИЛОЛОГИЯ В САРАТОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ: ИСТОКИ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ И ПРЕПОДАВАНИЯ (1917–1920)

**Кащеев В.И.**

*ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, e-mail: kasceev@mail.ru*

Несмотря на внешние трудности, связанные с Октябрьской революцией и Гражданской войной в России, профессор С.В. Меликова организовала успешную деятельность классического отделения на созданном в 1917 г. Историко-филологическом факультете Саратовского университета. Составленный ею на основе предметной системы преподавания учебный план включал в себя лекции, семинары (семинарии) и практические занятия (просеминары или просеминарии) по древнегреческой и римской литературе, древнегреческому и латинскому языкам. Работавшие на классическом отделении профессора и преподаватели (С.В. Меликова, В.Я. Каплинский, М.Е. Сергеенко) были представителями петербургской историко-филологической школы и удачно сочетали в себе качества как исследователей, так и университетских преподавателей. Они проводили занятия не только со студентами классического отделения, но и на других отделениях Историко-филологического факультета: историческом и философском. Некоторые подготовленные С.В. Меликовой студенты (А.И. Доватур, А.В. Болдырев) стали впоследствии видными представителями российского антиковедения. В 1935 и 1936 гг. А.И. Доватур преподавал латынь и древнегреческий язык на кафедре истории древнего мира Саратовского государственного университета. Традиции классической филологии, заложенные в Саратовском университете в 1917–1920 гг., имеют свое продолжение в современном преподавании в Саратове. Л.М. Лукьянова, ученица М.Е. Сергеенко и А.И. Доватура, выпускница классического отделения ЛГУ, с 1960 г. по настоящее время преподает древние языки и руководит семинаром по чтению античных авторов в Институте филологии и журналистики Саратовского государственного университета.

**Ключевые слова:** университет, историко-филологический факультет, античная литература, древнегреческий язык, семинар, лекция, петербургская историко-филологическая школа

## CLASSICAL PHILOLOGY AT SARATOV UNIVERSITY: THE ORIGINS OF ITS STUDY AND TEACHING (1917–1920)

**Kashcheev V.I.**

*Federal Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov, e-mail: kasceev@mail.ru*

Despite the external difficulties associated with the October Revolution and the Civil War in Russia, professor S.V. Melikova organized the successful activities of the Department of Classics at the Faculty of History and Philology of Saratov University, created in 1917. The curriculum compiled by her on the basis of the subject system of teaching included lectures, seminars and practical classes (pro-seminars) on ancient Greek and Roman literature, ancient Greek and Latin. Professors and lecturers working in the Department of Classics (S.V. Melikova, V.Ya. Kaplinsky, M.E. Sergeenko) were representatives of the St. Petersburg research school of history and philology and successfully combined the qualities of both researchers and university teachers. They conducted classes not only with students of the Department of Classics, but also at other departments of the Faculty of History and Philology: Department of History and Department of Philosophy. Some prepared by S.V. Melikova students (A.I. Dovatur, A.V. Boldyrev) later became prominent representatives of Russian classical studies. In 1935 and 1936 A.I. Dovatur taught Latin and Greek at the Department of Ancient History at Saratov State University. The traditions of classical philology, established at Saratov University in 1917–1920, have continued in modern teaching in Saratov. L.M. Lukyanova, student of M.E. Sergeenko and A.I. Dovatura, a graduate of the Department of Classics of Leningrad State University, from 1960 to the present time teaches ancient languages and leads a seminar on reading ancient authors at the Institute of Philology and Journalism of Saratov State University.

**Keywords:** university, faculty of history and philology, ancient literature, ancient Greek language, seminar, lecture, St. Petersburg research school of history and philology

Саратовский (Императорский Николаевский) университет, в соответствии с указом Николая II, был основан 10 июня 1909 г.; тогда в его составе функционировал только Медицинский факультет. Высшее образование по гуманитарным дисциплинам в Саратове берет свое начало 1 июля 1917 г., когда по решению Временного правительства в Саратовском университете был открыт, помимо Физико-математического и Юридического, также Историко-филологический факультет [1, с. 81]. Его первым деканом

был российский философ и религиовед С.Л. Франк, а первыми профессорами – известные ученые из Петрограда и Москвы: В.М. Жирмунский (романо-германская филология), Н.К. Пиксанов (русская филология), В.А. Бутенко (всеобщая история), В.И. Веретенников (русская история), позднее к ним присоединился М.Р. Фасмер (сравнительное языкознание) [1, с. 82].

С конца XIX в. в России существовала налаженная система изучения и преподавания различных дисциплин классической

филологии: древнегреческого и латинского языков, древнегреческой и римской литературы, греческой и латинской эпиграфики. Эта система включала в себя несколько университетов (прежде всего, в Петербурге, Москве, Казани, Киеве, Харькове и Одессе), Петербургскую Академию наук и сеть классических гимназий. Все эти учреждения были обеспечены квалифицированными работниками, необходимыми средствами, библиотеками и музейными коллекциями [2, с. 277]. С 1820 г. в Саратове действовала (первая) мужская гимназия, в которой уровень преподавания классических языков был вполне высоким. В 1830-е – 1850-е гг. здесь работал, например, известный в России знаток древнегреческого языка И.Ф. Синайский (1799–1870) [3, с. 66–69]. Вторая мужская гимназия была учреждена в городе в 1897 г. Кроме того, к началу XX в. в Саратове были созданы и функционировали семь женских гимназий различного подчинения. Во всех гимназиях, мужских и женских, преподавалась латынь, а в некоторых из них еще и древнегреческий язык.

Вполне естественно, что с открытием Историко-филологического факультета в Саратовском университете возникла необходимость создания кафедры классической филологии. С этой целью из Петрограда была приглашена София Венедиктовна Меликова (1885–1942). Прежде всего, с ее именем связаны первые шаги науки об античности и начало преподавания классической филологии в Саратовском университете.

Цель исследования состоит в том, чтобы выяснить, как на Историко-филологическом факультете было организовано преподавание классических дисциплин, какую роль в учебном процессе играла С.В. Меликова и какой вклад в целом она и ее коллеги – филологи-классики внесли в становление высшего образования в Саратовском университете.

#### Материалы и методы исследования

Имеется несколько важных источников.

1. *Переписка С.В. Меликовой и И.И. Толстого*. Их письма относятся к периоду с марта 1916 г. по январь 1921 г. Граф Иван Иванович Толстой младший (1880–1954) посещал знаменитый эпиграфический семинар Ф.Ф. Соколова в Петербурге, был учеником и младшим коллегой С.А. Жебелева (1867–1941), одного из видных представителей петербургской историко-филологической школы [4, с. 498–501]. С 1908 г. он – приват-доцент Историко-филологического факультета Петербургского университета, с 1918 по 1930 г. – профессор Петроградского/Ленинградского университета.

С 1939 г. он член-корреспондент Академии наук СССР, а в 1946 г. стал академиком. Впервые эта переписка со множеством купюр была опубликована в журнале «Звезда» в 1996 г. [5]. Корреспондентов «объединяют не только научные интересы, но и принадлежность к одной – петербургской университетской культуре. <...> Печать петербургских университетских традиций и нравов лежит решительно на всем: на манере общения и письма, отношении к науке и характере научных суждений, реакции на происходящее в Петрограде и стране» [5, с. 145].

2. *Очерк жизни и обзор научных трудов С.В. Меликовой*. Научный доклад под названием «София Венедиктовна Меликова-Толстая» был написан ее коллегой и супругом И.И. Толстым. Этот текст в виде машинописи датирован 22 апреля 1947 г. и хранится на кафедре классической филологии СПбГУ. Он был опубликован через пятьдесят лет после написания, в 1997 г. [6]. Здесь содержатся важные сведения о научной и преподавательской деятельности С.В. Меликовой в Саратове с октября 1917 г. по декабрь 1920 г.

3. *Научные доклады о жизни и деятельности А.И. Доватура и А.В. Болдырева*. Эти работы составлены известным петербургским филологом-классиком Яковом Марковичем Боровским (1896–1994), который хорошо лично знал обоих ученых. Рукописи этих докладов хранятся в Античном кабинете (Bibliotheca classica Petropolitana, Санкт-Петербург). Их публикация впервые осуществлена в 2009 г. [7; 8].

4. *Архивные материалы*. Неопубликованные статьи и материалы С.В. Меликовой находятся в двух архивах: в Санкт-Петербургском филиале Архива РАН и в Архиве Санкт-Петербургского института истории РАН. Во втором из них есть конспекты лекций профессоров Ф.Ф. Зелинского, И.М. Гревса и М.И. Ростовеца, составленные С.В. Меликовой во время ее учебы на Высших женских (Бестужевских) курсах в Санкт-Петербурге, а также конспекты лекций профессоров Э. Нордена, В. Шульце и У. фон Вилламовиц-Меллендорфа, написанные Софией Венедиктовной во время ее научной командировки в Берлинском университете. Эти материалы относятся к 1905–1911 гг. и свидетельствуют о фундаментальной подготовке С.В. Меликовой в области антиковедения [Архив СПбИИ РАН. Ф. 17 (А.И. Доватур). Ед. хр. 194–201].

Предмет и метод науки об античности, или антиковедения (Alttertumswissenschaft), как комплекса различных научных дисциплин, включающего в себя помимо проче-

го и дисциплины классической филологии, точно определил Ф.А. Вольф (1759–1824). Понимание науки об античности как совокупности разнообразных дисциплин, составляющих единое целое, полностью соответствует взглядам С.В. Меликовой как ученого и университетского преподавателя. Об этом необходимо помнить, исследуя ее жизнь и деятельность.

Пройдя добротную школу основанного В. фон Гумбольдтом Берлинского университета, София Венедиктовна вполне понимала, в чем состоит «идеал образования/воспитания» (Bildung) как важного компонента гумбольдтовской «идеи университета». Центральное место в философии образования В. фон Гумбольдта занимает «идея науки» (Wissenschaft). Университеты как высшие научные заведения, по его убеждению, должны «культивировать» науку, результаты которой служат «материалом для духовного и нравственного просвещения». Университеты, таким образом, призваны объединять в себе «объективную науку с субъективным образованием», при этом главную роль в них должна играть именно наука [9, с. 117]. Следовательно, в С.В. Меликовой как цельной творческой личности, вполне понимавшей единство научного исследования и преподавания, нам, как исследователям ее деятельности, необходимо видеть одновременно ученого, преподавателя, воспитателя и организатора учебного процесса.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В 1917–1920 гг. на Историко-филологическом факультете Саратовского университета были сосредоточены, по выражению Я.М. Боровского, «крупные научные силы» [8, с. 405]. В октябре 1917 г. С.В. Меликова прибыла из Петрограда и вступила в должность экстраординарного профессора по кафедре классической филологии (древнегреческий язык и литература) [1, с. 84; 6, с. 144]. Ей помогала приехавшая из столицы ее ученица по Высшим женским (Бестужевским) курсам Мария Ефимовна Сергеенко (1891–1987). До 1919 г. вторая профессура по классической филологии (латинский язык и литература) оставалась вакантной. Ее занял представитель петербургской школы Василий Яковлевич Каплинский (1892–1939) [10, с. 145]. Известный индолог, основатель научной школы современных индийских языков, а впоследствии академик АН СССР Алексей Петрович Баранников (1890–1952) работал здесь с 1917 г. в должности доцента, а с 1919 по 1921 г. – профессором [8, с. 406].

Но главную роль в становлении классической филологии в Саратовском университете сыграла, без сомнения, С.В. Меликова.

С 1903 г. она училась на Историко-филологическом факультете Высших женских (Бестужевских) курсов. Здесь ее основными учителями были Ф.Ф. Зелинский и М.И. Ростовцев. Деятельность профессора Фаддея Францевича Зелинского (1859–1944) была в высшей степени важна для становления и развития российской науки об античности. Его воскресные семинары («кружок для совместного чтения античных авторов») в Петербурге были посвящены античному театру. Они объединяли студентов университета, слушательниц Бестужевских и Раевских женских курсов. Участницей семинара была и молодая София Венедиктовна. Научную школу Ф.Ф. Зелинского прошли такие в будущем известные филологи, как С. Сребрны, В. Клиггер, Э. Диль, Я.М. Боровский и др. [11, с. 65–66]. Эта ученая молодежь входила в круг общения бестужевки С.В. Меликовой. Позднее, уже сама преподавая на этих курсах, она готовила слушательниц по греческому языку к занятиям Ф.Ф. Зелинского [10, с. 145]. Другим ее учителем на высших курсах был профессор Михаил Иванович Ростовцев (1870–1952), ученик Ф.Ф. Зелинского и академика Н.П. Кондакова [6, с. 142].

Научное сочинение С.В. Меликовой было признано успешным, и по окончании обучения в 1907 г. она была рекомендована Советом высших курсов к заграничной командировке. Для научной стажировки был избран Берлинский университет, где в то время преподавали едва ли не самые лучшие специалисты в области классической филологии Германии. Таким образом, С.В. Меликовой посчастливилось учиться у великих филологов-классиков: У. фон Вилламовиц-Меллендорфа (1848–1931), Г.А. Дильса (1848–1922), Э. Нордена (1868–1941), а также у индогерманиста В. Шульце (1863–1935) [ср.: 6, с. 143].

Для формирования С.В. Меликовой как филолога-классика и преподавателя высшей школы научная стажировка в Берлинском университете имела, несомненно, первостепенное значение. Вернувшись в Петербург, она преподавала древние языки как на Высших женских (Бестужевских) курсах, так и в Женском педагогическом институте. Одновременно она изучала «Гиппократов корпус» и фрагменты сочинений греческого софиста Горгия [6, с. 144].

Февральская революция и события октября 1917 г. изменили многое не только в стране, но и в судьбах людей. Петербургские учителя С.В. Меликовой покину-

ли Россию. В 1918 г. Ф.Ф. Зелинский был приглашен для работы в Варшавский университет. В 1920 г. он снова прибыл в Россию, но в апреле 1922 г. уже навсегда уехал в Польшу. Летом 1918 г. М.И. Ростовцев отправился в эмиграцию, два года он провел в Англии, а с 1920 г. жил и работал в Соединенных Штатах Америки. В первой половине 1920-х гг. он преподавал в Висконсинском университете Мэдисона, а с 1925 г. до конца жизни – в престижном Йельском университете. В 1928 г. М.И. Ростовцев был исключен из Академии наук СССР [2, с. 284].

Ответ на вопрос о том, почему С.В. Меликова, имея превосходную подготовку по классической филологии, оказалась в Саратове, дает она сама в письме И.И. Толстому от 17 февраля 1920 г.: «Мое тогдашнее решение уезжать [из Петрограда – В.К.] не было так чудом материальных соображений, как Вы думаете; перспектива голода меня пугала, я с радостью бежала от него; но при моем неумении устраиваться я, действительно, не сумела использовать выгод провинциальной жизни, мы с матерью жили здесь совсем плохо, временами впроголодь» [5, с. 178].

В Саратове С.В. Меликова провела три года и два месяца; из этого срока один месяц (август 1918 г.) приходится на Москву, где она работала в библиотеках, готовясь к чтению лекционных курсов предстоящего 1918/1919 уч. года [5, с. 171–173]. Внешняя канва ее жизни в Саратове была полна трудностей, забот и тревог и не особо располагала к творческой деятельности. Так, в письме И.И. Толстому от 20 марта 1918 г. С.В. Меликова сообщает: «В годовщину [Февральской – В.К.] революции нам пришлось здесь пережить довольно тяжелую вещь: рядом с нами находятся казармы Красной гвардии. Часа в два мы из окон увидели, как они стали обстреливать дом напротив. Потом вдруг к нам вошли 5 человек с револьверами в руках и стали требовать сдачи оружия, утверждая, что стрельбу начали в нашем дворе. <...> Живо вспомнились солдаты, которые делали у нас обыск в конце февраля прошлого года. Это были совсем другие люди. Они чувствовали себя победителями, но в них не было разгула людей, готовых на все. Отвращение было так велико, что я не испытала ни малейшего страха, когда один из них все ближе придвигался ко мне со своим револьвером и кричал, чтобы я отдала оружие» [5, с. 160–161]. От сосредоточенной научной работы и подготовки к занятиям в университете С.В. Меликову отвлекало многое: и бытовые трудности, и ее собственная болезнь, и смерть матери [5, с. 177–178].

Но результаты деятельности Софии Венедиктовны значительны.

В Саратовском университете у С.В. Меликовой была возможность самостоятельно выстроить учебный план занятий для классического отделения [6, с. 144]. Предложенный ею план основывался на принятой в то время предметной системе преподавания на Историко-филологическом факультете [8, с. 406]. Он, с одной стороны, вполне соответствовал задаче подготовки квалифицированных специалистов в области классической филологии, а с другой – отвечал ее интересам как исследователя и преподавателя университета.

Помимо лекций, особо важное место она уделяла такой форме занятий, как семинар (семинарий), и практическим занятиям (просеминарам или просеминариям), например по древнегреческому языку и латыни. Известно, что в 1917/1918 уч. году она читала курс лекций «История греческой литературы», а в 1918/1919 уч. году – лекции по «Одиссее» Гомера с историко-литературным введением в греческий эпос и лекции об «Эклогах» Вергилия с введением в историю римской литературы эпохи Августа [5, с. 172; 12, с. 142].

С.В. Меликова внесла в учебный план важный для классического отделения курс лекций по истории греческого языка; параллельно проводились практические занятия по древнегреческой диалектологии [6, с. 144]. После основательных занятий по истории греческого языка и греческой диалектологии у профессора В. Шульце в Берлинском университете С.В. Меликова как никто другой из ее коллег в России была подготовлена для ведения аналогичных курсов в Саратове. Кроме того, она вела занятие по «Поэтике» Аристотеля и читала студентам курс греческой метрики [12, с. 142].

Совместно с коллегами на других отделениях факультета она проводила занятия по комментированному чтению греческих авторов. Так, вместе с профессором С.Л. Франком (отделение философии) она вела семинар по чтению и комментированию фрагментов сочинений «досократиков» [1, с. 86]. Прежде в Берлине с этими фрагментами С.В. Меликова уже работала. На своих семинарских занятиях по «досократикам» профессор Г. Дильс одобрил простую и убедительную *конъектуру* (восстановление испорченного текста), которую София Венедиктовна предложила для текста Горгия. В своем новом издании «Die Fragmente der Vorsokratiker» Г. Дильс отметил имя С.В. Меликовой как автора удачной *конъектуры* [6, с. 143]. По просьбе коллег-истори-

ков она вела семинар по Геродоту для студентов отделения истории [12, с. 142].

Преподавание на различных отделениях Историко-филологического факультета С.В. Меликова сочетала с глубокой исследовательской работой. С ее деятельностью в Саратове связаны два важных научных труда.

1. Статья «Готский *топарх* и Фукидид» опубликована в «Известиях Академии наук» (1919). «Записка готского *топарха*» (*Torarcha Gothicus*) – анонимный исторический документ на греческом языке, написанный византийским чиновником, который в конце X в. вместе с отрядом воинов проезжал по низовьям Днепра. С.В. Меликова доказала, что это не записи, сделанные автором для самого себя, а полноценное литературное произведение. Статья об анонимном готском *топархе* не была написана в Саратове, как утверждает И.И. Толстой [6, с. 145], – из переписки ясно, что над ней С.В. Меликова работала в Петрограде и там же ее завершила. Но опубликована статья в 1919 г. во время пребывания Софии Венедиктовны в Саратове.

2. Работа под названием «Серенада в античной литературе» была написана именно в Саратове. Об этом С.В. Меликова сообщает в июне 1920 года: «...это было, кажется, в самом начале марта, я пережила давно уже незнакомый мне экстаз работы и в несколько ночей написала статью, озаглавленную «Серенада в античной литературе»» [5, с. 180]. Здесь исследован малоизученный жанр так называемой серенады в античной литературе. По форме лаконичная, но содержательно насыщенная, эта «статья дает историю жанра и могла бы легко быть развернута автором в диссертацию на соискание ученой степени» – так оценивает работу И.И. Толстой [6, с. 145]. На ее новизну указал в своем отзыве академик С.А. Жебелев: «Такого исследования <...> не было и нет в ученой литературе» [6, с. 145].

Молодой профессор В.Я. Каплинский преподавал на классическом отделении Историко-филологического факультета с 1918 по 1922 г. Он читал лекции по истории римской литературы, руководил семинаром, в котором читалась и комментировалась поэма Лукреция «*De rerum natura*», вел занятия по латинской стилистике. Позднее, с 1922 по 1930 г., В.Я. Каплинский заведовал кафедрой всеобщей литературы [13, с. 113].

Ученица С.В. Меликовой Мария Ефимовна Сергеенко с октября 1917 г. работала лектором латинского и греческого языка на Историко-филологическом факультете. Именно в Саратове под руководством Со-

фии Венедиктовны она завершила свое классическое образование. Успешно сдав в 1920 г. магистерские экзамены, М.Е. Сергеенко заняла должность доцента и стала читать курсы лекций по античной и западноевропейской литературе [10, с. 145].

Одной из наиболее важных сторон педагогической деятельности С.В. Меликовой была подготовка достойных учеников. Под ее руководством на классическом отделении Саратовского университета учились два талантливых студента – А.И. Доватур и А.В. Болдырев. Под влиянием С.В. Меликовой молодой Аристид Иванович Доватур (1897–1982) начал увлеченно заниматься классической филологией. По окончании университета он представил научную работу «Личность и деятельность Солона в историческом предании», удостоенную золотой медали [14, с. 195], а затем продолжил свою учебу в аспирантуре Петроградского университета. В 1935 и 1936 гг. А.И. Доватур преподавал латынь и древнегреческий язык на кафедре истории древнего мира Саратовского государственного университета. Позднее, с 1957 по 1971 г., он заведовал кафедрой классической филологии ЛГУ. Впоследствии известный филолог-классик и переводчик античных авторов Александр Васильевич Болдырев (1896–1941) учился на классическом отделении Историко-филологического факультета в 1920 и 1921 гг. [8, с. 405–406]. После учебы в аспирантуре он преподавал в Ленинградском университете.

В декабре 1920 г. С.В. Меликова уехала из Саратова в Петроград; наступил новый период ее жизни и деятельности. С 1933 по 1940 г. она преподавала на кафедре классической филологии Ленинградского университета. Профессор Казанского университета А.С. Шофман (1913–1993), вспоминая свои студенческие годы, проведенные на классическом отделении ЛГУ, отмечал, что «за помощью в преодолении трудностей перевода с греческого языка на русский и комментировании <...> непостижимо трудных мест студенты неизменно обращались к С.В. Меликовой» [15, с. 24].

В С.В. Меликовой человеческие и профессиональные качества гармонично сочетались, делая ее цельной личностью. Это точно отметил И.И. Толстой в письме С.В. Меликовой от 27 апреля 1918 г.: «Простите меня за мою откровенность: то, что меня особенно поразило в Вас с самой первой минуты нашего с Вами знакомства, помимо ума и знаний и присущих Вам высоких качеств научного, «цехового» (если можно так выразиться) работника, это – отсутствие всякой «позы», простота

и естественность, полное отсутствие «фальши душевной», которые так часто в людях встречаются» [5, с. 165].

Традиции преподавания классической филологии, заложенные в Саратовском университете в 1917–1920 гг., нашли свое продолжение в современном университетском изучении латыни и древнегреческого языка. Ученица М.Е. Сергеевко и А.И. Доватура, выпускница классического отделения ЛГУ Лариса Михайловна Лукьянова с 1960 г. по настоящее время преподает древние языки и руководит семинаром по чтению античных авторов в Институте филологии и журналистики СГУ [11, с. 71–72].

### Заключение

Несмотря на внешние трудности, вызванные Октябрьской революцией и Гражданской войной в России, С.В. Меликова смогла организовать успешную деятельность классического отделения на созданном в 1917 г. Историко-филологическом факультете Саратовского университета. На основе предметной системы преподавания она составила учебный план, который включал в себя лекции, семинары (семинарии) и практические занятия (просеминарии или просеминарии) по древнегреческой и римской литературе, греческому и латинскому языкам. Трудившиеся на классическом отделении профессора и преподаватели (С.В. Меликова, В.Я. Каплинский, М.Е. Сергеевко) были представителями петербургской историко-филологической школы и удачно сочетали в себе качества как исследователей, так и преподавателей. Они проводили занятия не только со студентами классического отделения, но и на других отделениях Историко-филологического факультета: историческом и философском. Некоторые подготовленные С.В. Меликовой студенты (А.И. Доватур, А.В. Болдырев) стали впоследствии видными представителями российской науки об античности и высшего образования.

### Список литературы

1. Аврус А.И., Гапоненков А.А., Данилов В.Н. История Саратовского университета. 1909–2009: в 2-х т. Т. 1. 1909–

1945. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2009. 294 с.

2. Гаврилов А.К. Классическая филология в СССР // Гаврилов А.К. О филологах и филологии. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2010. С. 277–292.

3. Кашеев В.И. К истории классицизма в российской провинции первой половины XIX века: саратовский грецист Иван Федорович Синайский // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер.: История. Международные отношения. Саратов, 2012. Т. 12. Вып. 4. С. 62–71.

4. Ананьев В.Г., Бухарин М.Д. С.А. Жебелев в системе советской науки (по материалам новых архивных документов). Ч. 1. 1913–1927 // Вестник древней истории. 2020. № 2. С. 497–512.

5. Меликова С.В., Толстой И.И. «Любовь, купленная страданиями»: роман в письмах / Публикация, подготовка текста и комментарии Л.И. Толстой; вступит. заметка Б.В. Ананьича // Звезда. СПб., 1996. № 6. С. 145–185.

6. Толстой И.И. София Венедиктовна Меликова-Толстая // Древний мир и мы. Классическое наследие в Европе и России. СПб., 1997. Вып. 1. С. 142–150.

7. Боровский Я.М. Аристид Иванович Доватур // Боровский Я.М. Opera philologica. СПб.: Bibliotheca classica Petropolitana, ДМИТРИЙ БУЛАНИН, 2009. С. 416–420.

8. Боровский Я.М. Александр Васильевич Болдырев // Боровский Я.М. Opera philologica. СПб.: Bibliotheca classica Petropolitana, ДМИТРИЙ БУЛАНИН, 2009. С. 405–412.

9. Кашеев В.И. Вильгельм фон Гумбольдт и Берлинский университет: от «идеи университета» к ее воплощению // Всеобщая история и историческая наука в XX – начале XXI века: в 2 т. Казань: Издательство Казанского университета, 2020. Т. 1. С. 115–119.

10. Гаврилов А.К., Казанский Н.Н. К 100-летию М.Е. Сергеевко // Гаврилов А.К. О филологах и филологии. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2010. С. 144–149.

11. Кашеев В.И. Научный историко-филологический семинар как форма становления творческой личности. Прошлое. Настоящее. Перспективы // Багриль М.А., Нагрибельная И.А., Сидоренко Н.И., Кашеев В.И. и др. Инновационные подходы к развитию личности. Одесса: Куприенко С.В., 2019. С. 66–78.

12. Кабанова И.В. Меликова София Венедиктовна // Литературоведы Саратовского университета. 1917–2009. Материалы к биографическому словарю / Под ред. В.В. Прозорова. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2010. С. 141–143.

13. Гапоненков А.А., Кабанова И.В. Каплинский Василий Яковлевич // Литературоведы Саратовского университета. 1917–2009. Материалы к биографическому словарю / Под ред. В.В. Прозорова. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2010. С. 113–114.

14. Гаврилов А.К. 80-летний юбилей А.И. Доватура // Гаврилов А.К. О филологах и филологии. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2010. С. 193–201.

15. Кашеев В.И. Memento mori – memento vivere: воспоминания А.С. Шофмана об университетских учителях // Историк в историческом и историографическом времени. Казань: Яз, 2013. С. 23–27.

УДК 372.874

## ПРОБЛЕМЫ ХУДОЖЕСТВЕННО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Лыкова Е.С., Сухарев А.И.**

*ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»,  
Омск, e-mail: mail@omgpu.ru*

Творческие задатки есть у каждого человека, но, чтобы стать творческой личностью, необходимо их развивать. Один из наиболее эффективных способов – это приобщение ребенка к изобразительному искусству. Но вызовы нашего времени – пандемия COVID-19 – заставили искать пути решения этой проблемы. Некоторые пути решения были найдены в цифровых технологиях, которые становятся необходимой составляющей в жизни современного человека. Дистанционное обучение в настоящее время – это достаточно самостоятельное направление в художественном образовании, которое основывается на цифровых технологиях и традиционных видах изобразительного искусства. Проблемы цифрового образования есть как объективные, так и субъективные. К субъективным проблемам относятся проблемы, связанные с готовностью преподавательского состава использовать возможности цифровых технологий в образовательном процессе. К объективным проблемам относятся, прежде всего: невозможность работы в специально оборудованных мастерских; онлайн-обучение не заменяет прямого личного контакта между преподавателем и учащимися. Педагоги практических художественных дисциплин оказались в сложной ситуации: освоить работу с программным обеспечением и получить компетенции для перехода обучения в онлайн-режиме; выстроить методику проведения занятий так, чтобы эффективно вести дистанционные занятия.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, художественное образование, изобразительное искусство, цифровое образование

## PROBLEMS OF ART AND EDUCATIONAL EDUCATION IN THE CONDITIONS OF DISTANCE LEARNING

**Lykova E.S., Sukharev A.I.**

*Omsk State Teachers University of the Russian Ministry of Education, Omsk, e-mail: mail@omgpu.ru*

Every person has creative makings, but to become a creative person it is necessary to develop them. One of the most effective ways is to introduce the child to the visual arts. But the challenges of our time, the COVID-19 pandemic, have forced us to find solutions to this problem. digital technologies and traditional forms of fine art. The problems of digital education are both objective and subjective. Subjective issues include the willingness of teachers to harness the power of digital technology in the educational process. Objective problems include, first of all: the inability to work in specially equipped workshops; online learning does not replace direct personal contact between teacher and student. Teachers of practical art disciplines found themselves in a difficult situation: to master the work with software and get the competence to go online learning; to build a method of conducting classes so that to effectively conduct distance classes.

**Keywords:** distance learning, art education, visual arts, digital education

Творческий человек больше открыт для окружающего мира, он тонко чувствует его красоту и свою связь с ним, видит ценность в каждом предмете объективного пространства. Творческие задатки есть у каждого человека, но, чтобы стать творческой личностью, необходимо их развивать. Один из наиболее эффективных способов – это приобщение ребенка к изобразительному искусству. В нормативных документах об образовании, таких как Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [1], Федеральные государственные образовательные стандарты (далее ФГОС) всех уровней образования, Концепция развития детских школ искусств в Российской Федерации [2], Концепция развития образования в сфере культуры и искусства государств – участников СНГ [3] уделяют большое внимание развитию творческой личности ребёнка. Через изобразительную

деятельность у детей происходит формирование эстетического чувства, художественного вкуса, творческого воображения, изобразительных способностей. Она способствует развитию личности, активному познанию окружающего мира, воспитанию способности правдиво и творчески отражать свои впечатления. Основной задачей художественного образования в общеобразовательной школе является формирование духовной культуры личности, приобщение к общечеловеческим ценностям, овладение национальным и мировым культурным наследием. А уже в системе дополнительного художественного образования и на уровне среднего профессионального и высшего художественного и художественно-педагогического образования – формирование и развитие профессиональных компетенций в изобразительной деятельности. В основном все эти задачи решались в сложившейся

ся в России системе художественного образования, основанной на традициях русской реалистической школы. Большое место в ней занимает личное общение художника-педагога и обучающегося на занятиях во время практической изобразительной деятельности. Пандемия COVID-19 заставила искать пути решения этой проблемы. Некоторые пути решения на всех уровнях обучения были найдены в цифровых технологиях, которые становятся необходимой составляющей в жизни современного человека, не только взрослого, но и растущего. Дистанционное обучение в настоящее время – это достаточно самостоятельное направление в художественном образовании, которое основывается на цифровых технологиях и традиционных видах изобразительного искусства [4]. Вопрос об актуальности данной темы не ставится под сомнение. Дистанционное обучение уже неотъемлемая часть многих видов профессиональной сферы человека. Начиная с начальной школы необходимо внедрять элементы дистанционного обучения в систему образования посредством внеучебных занятий и элективных курсов. Но они могут решить далеко не все вопросы художественного и художественно-педагогического образования.

Цель исследования: обозначить проблемы дистанционного обучения в художественном образовании. Предложить пути решения обозначенных проблем.

#### **Материалы и методы исследования**

– изучение и анализ научной, учебно-методической и специальной литературы по рассматриваемой проблеме;

– методы эмпирического исследования и обобщение практики ведения дистанционных занятий по предметам профессионально-художественного модуля на факультете искусств Омского государственного педагогического университета (далее ОмГПУ) и детских художественных школ (далее ДХШ);

– анализ результатов самостоятельной работы обучающихся; беседы, опрос преподавателей и обучающихся.

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

Художественно-педагогическое сообщество оказалось в условиях «новой нормальности», связанной с пандемией и переходом образования на дистанционное обучение. У администрации и профессорско-преподавательского состава факультета искусств появился ряд вопросов: кто сможет качественно работать в условиях дистанционного обучения? чему можно практически

научить на «дистанте»? какие компетенции будут востребованы у будущего учителя изобразительного искусства?

Проблемы были как объективные, так и субъективные. К субъективным проблемам относятся проблемы, связанные с готовностью профессорско-преподавательского состава использовать возможности цифровых технологий в образовательном процессе. Педагоги дисциплин художественно-педагогического модуля оказались в сложной ситуации, которая потребовала в кратчайшие сроки:

1) освоить работу с программным обеспечением цифрового образования и получить компетенции для перехода обучения в онлайн-режиме;

2) выстроить методику проведения занятий так, чтобы эффективно вести дистанционные занятия.

К сожалению, у «возрастных» преподавателей (60+, а таких преподавателей более 50%) это вызвало определенные трудности. Они, имея большой практический опыт в художественной деятельности, не смогли быстро перестроиться с традиционных для очного обучения методик преподавания художественных дисциплин (рисунка, живописи, композиции, технологии печатной графики и т.д.), а также оперативно скорректировать учебные программы и задания под дистанционные формы обучения. В некоторых случаях студенты знали больше и лучше цифровые технологии, чем опытные преподаватели.

К объективным проблемам относятся, прежде всего:

1. Невозможность работы в специально оборудованных мастерских-классах. В специализированных мастерских-классах созданы условия для освоения дисциплин художественного цикла. Есть необходимый по качеству и количеству натурмортный фонд, вытяжные шкафы, софиты и специальные материалы. Например, мастерские по скульптуре оборудованы специальными станками для лепки или мастерские печатной графики – оборудованием для травления и офортными станками для печати. В домашних условиях невозможно выполнить офорты, связанные с травлением металлической доски. Нет офортных станком, а следовательно, нет условий выполнения глубокой печати, к которой относятся все манеры офорта.

2. Отсутствие возможности у обучающихся выполнить многочасовое задание, и как следствие, затруднение для группы или класса в реализации поставленных учебных целей и задач. Как следствие переход на краткосрочные задания по рисунку и живописи, изменение содержания тем,

заданий для выполнения учебных работ «в домашних условиях». Дистанционное обучение потребовало корректировки рабочих программ, тем и заданий, что отрицательно сказалось на уровне и качестве выполненных работ.

3. Невозможность заменить онлайн-обучением прямой личный контакт между преподавателем и учащимися. Отсутствие индивидуального показа приемов работы со стороны педагога, профессионального общения между обучающимися. Нет быстрого реагирования преподавателя на работу учащегося из-за технических возможностей (компьютер, веб-камера, микрофон). Задержки сигнала связи и т.п. влияют на несвоевременно сделанные рекомендации преподавателя на неверно выполненное задание (нюансы в передаче цвета, света, композиционного расположения). Чем младше обучающийся, тем эти проблемы становятся острее при дистанционном обучении. Учащийся на дистанционном обучении художественных дисциплин оказывается в условиях «самообразования», то есть «как умею в силу возраста и предыдущего опыта, так и делаю».

Преподавание в онлайн и офлайн-форматах художественных дисциплин не позволяет реализовать те учебные цели и задачи, содержание и принципы, которые ставит перед российским педагогическим сообществом «Концепция художественного образования в Российской Федерации» [5]. Дистанционные занятия не позволяют качественно формировать и развивать у учащихся прежде всего практические навыки в изобразительной деятельности. Например, по дисциплине «Технология печатной графики» в период дистанционного обучения студенты 4 курса направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направления (профиль) Изобразительное искусство и Дополнительное образование в 8 семестре весной 2020 года могли работать только над эскизами для различных манер офорта, смотрели видеоролики по технологии выполнения офортов. А в 9 семестре, на 5 курсе, преподаватель заново объяснял данную тему, а студенты по выполненным эскизам выполняли офорты. Проходили всю технологию выполнения офорта: подготовка доски, перевод эскиза на доску, травление и печать. И поэтому студентам не хватало учебного времени на знакомство с литографией.

Более успешно проходили занятия по теоретическим дисциплинам, например «История искусств», «Методика преподавания изобразительного искусства» и т.п. Образовательный портал ОмГПУ позволял

проводить занятия в режиме онлайн [6]. Но и здесь возникали некоторые технологические проблемы. Например, не у всех студентов были веб-камеры и микрофоны. И поэтому они могли писать в чате небольшие сообщения (рис. 1).

На сегодняшний день сложилось несколько форм проведения дистанционных занятий дисциплин художественного цикла: мастер-класс; видеоурок; онлайн-практика.

В перечисленных формах занятий преподаватель показывает и объясняет перед веб-камерой какое-либо изображение, задание, приемы работы и т.п.



Рис. 1. Семинарские занятия на образовательном портале ОмГПУ

Похожие проблемы возникли и в системе дополнительного художественного образования. Одним из отрицательных явлений показа художественного изображения «на расстоянии» является превращение обучения в «некую схему, алгоритм». Пример из открытых интернет-источников результатов дистанционного обучения анималистической темы «Панда». Рисунки выглядят одинаково, «как под копирку». Дается некоторая композиционная схема, алгоритм выполнения задания (рис. 2).

Это единичный пример, но он хорошо иллюстрирует одну из проблем дистанционной формы обучения. Чтобы добиться факта выполнения работы ребенком «на расстоянии», процесс обучения превращается в изображение некой схемы композиционного и цветового решения задания. Такого подхода в художественном образовании подрастающего поколения не должно быть. И приведем пример полученных результатов этой же темы при очном, традиционном обучении в классе (рис. 3). (Работы учащихся БОУ ДО «ДШИ № 21» г. Омска, преподаватель Лыкова Е.С.)



*Рис. 2. Рисунки, выполненные по образцу во время дистанционного обучения*



*Рис. 3. Пример выполнения учебного задания при очной форме обучения*

На рисунках мы видим самостоятельное решение композиционных вариантов, многообразие поисков образа животных и т.д.

Реальностью стали системные перемены в художественном образовании. Необходимо адаптировать методы цифрового обучения с традиционной, классической системой художественного образования. Сре-

ди задач, требующих скорейшего решения, можно выделить:

- поддержка научных исследований цифровой дидактики художественного образования;

- внедрение современных образовательных практик и технологий в систему художественного образования;

– введение новой методологии обучения при использовании интегрированных моделей в художественном образовании, включающих как онлайн, так и офлайн-форматы;

– введение в систему подготовки педагогов изобразительного искусства дисциплин по цифровой грамотности.

Дистанционный период обучения весной 2020 г. – экстремальный период обучения и работа в новом формате. Но, как показали результаты этого времени, цифровая грамотность преподавателя практических художественных дисциплин как высшего учебного заведения, так и системы дополнительного образования не является гарантией качественного преподавания таких дисциплин, как рисунок, живопись, композиция, декоративно-прикладное искусство, скульптура и т.д. Эта проблема требует решения, как со стороны преподавательского состава, так и личной ответственности со стороны обучающихся. Активное взаимодействие всех участников художественно-педагогического образования позволит определить пути и разработать методику дистанционного обучения дисциплин художественного цикла.

#### Заключение

Таким образом, переход художественного образования на цифровые технологии ведет к потере качества обучения в силу объективных причин. Это больше всего отражается на категории обучающихся, наце-

ленных на углубленное изучение дисциплин художественного профиля. Переход на дистанционное обучение возможен, лишь на непродолжительный период времени, только в чрезвычайных ситуациях. Нарботанные методики дистанционного преподавания дисциплин художественного цикла можно использовать для обучения ограниченной категории обучающихся, во внеурочных занятиях и элективных курсах.

#### Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (дата обращения: 02.12.2020).
2. Концепция развития детских школ искусств в Российской Федерации. 17.12.2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mkrf.ru/documents/> (дата обращения: 02.12.2020).
3. Концепция развития образования в сфере культуры и искусства государств – участников СНГ. [Электронный ресурс]. URL: [http://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=31083238](http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31083238) (дата обращения: 02.12.2020).
4. Аршба Т.В., Богданова А.Н., Гайдамак Е.С., Федорова Г.А. Информационные технологии в образовании / Под общ. ред. Г.А. Федоровой. Омск: Изд-во ОмГПУ, 2020. 107 с.
5. Концепция художественного образования в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/koncepciya-hudozhestvennogo-obrazovaniya-v-rossiyskoj-federacii-1595556.html> (дата обращения: 02.12.2020).
6. Фисенко Т.П. Организация активных лекций в системе дистанционного обучения вуза // II Всероссийская междисциплинарная научная конференция «Познание и деятельность: от прошлого к настоящему». Омск: ОмГПУ, 2020. С. 203–208.

УДК 372.881.1

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ MOODLE В РАМКАХ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК»****Суворова Е.В., Полякова Л.С.***ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,  
Магнитогорск, e-mail: suvorlen@yandex.ru*

В настоящее время в связи с информатизацией образования возникла необходимость оценки качества дистанционного обучения по сравнению с традиционным. Как правило, такая оценка становится возможной при наличии достаточного педагогического опыта и исследований, проводимых в этом направлении. Однако в условиях пандемии скорость подключения дистанционного обучения к реализации образовательных программ не позволила накопить достаточного опыта для объективного определения его эффективности. Необходимость аккумулирования и анализа опыта работы в дистанционном режиме обусловила проведение сравнительного анализа традиционных и дистанционных форм и методов работы. Выполненные исследования показали, что оба метода могут считаться равнозначно эффективными с учетом того, что дистанционный формат работы менее пригоден для работы с обучающимися, имеющими значительные проблемы в знаниях. Ни тот, ни другой формат не позволяют работать со студентами, имеющими более глубокие знания по предмету, и нацелены на работу со студентами, имеющими средний по группе уровень знаний. Оба формата различаются методами работы, и если при традиционном обучении больший акцент делается на коммуникативных заданиях, то при дистанционном обучении в основном развиваются навыки чтения и письма, формируются знания в области грамматики и лексики.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, объектно-ориентированная среда, формы организации обучения, информационные технологии, контроль усвоения материала

**THE USE OF MODULAR OBJECT-ORIENTED DYNAMIC LEARNING ENVIRONMENT IN THE FRAMEWORK OF FOREIGN LANGUAGE TEACHING****Suvorova E.V., Polyakova L.S.***Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: suvorlen@yandex.ru*

Nowadays due to the informatization of education there is a necessity to evaluate the quality of distant teaching in comparison with the traditional one. As a rule, such an evaluation becomes possible if there is enough pedagogical experience and research in the field. However, in the conditions of pandemic fast introduction of distant teaching in the realization of educational programs has not allowed to accumulate enough experience to evaluate its effectiveness objectively. The necessity to accumulate and analyze the work in the distant format has resulted in the comparative analysis of traditional and distant forms and methods of teaching. The research has shown that both the methods can be considered equally effective with regard to the fact that that the distant teaching is less suitable for the work with students having gaps in knowledge. Neither of the formats allows working with students having greater progress in knowledge than the rest of the class, as they both are aimed at working with average level students. The discussed formats are different in the instruments of work (methods and forms of teaching). Thus, if traditional teaching focuses more on communication tasks, distant teaching develops reading, writing, grammar and vocabulary skills.

**Keywords:** distant teaching, object oriented learning environment, forms of teaching process organization, information technologies, control over learning process

В настоящее время становится очевидно, что траектория развития системы образования направлена в сторону более интенсивного использования электронных ресурсов и интернета. Процесс информатизации образования развивается по четырем основным направлениям: 1) использование новейших технических средств для внедрения в практику работы с обучающимися (интерактивных досок, проекторов, лингафонных аудиторий и т.п.) с целью повышения эффективности образовательного процесса; 2) использование современных информационных компьютерных технологий для обеспечения возможности удаленного доступа преподавателей и студентов к научной и учебно-методической базам; 3) широкое распространение дистанционного обучения как формы работы в ходе реализации

процессов образования и самообразования; 4) пересмотр содержания образования с учетом применяемых информационных технологий [1]. Учитывая перечисленные направления, педагоги разрабатывают соответствующие онлайн-курсы, интернет-платформы, обучающие компьютерные среды и другие инструменты дистанционного обучения, позволяющие организовать наиболее качественную работу со студентами в режиме онлайн.

Однако здесь важно отметить, что опыт работы по рассматриваемым направлениям только накапливается и, как следствие, возникает множество вопросов, связанных как с использованием информационных компьютерных ресурсов (технических средств, программ, баз данных), так и с применением новейших дистанцион-

ных форм обучения. Основным из таких вопросов является вопрос о роли дистанционных технологий и инструментария в реализации образовательного процесса: является ли она основной или вспомогательной. До сегодняшнего момента основными инструментами педагога считались книга и наглядный материал, однако в ситуации пандемии им на смену пришли компьютеры, интернет-платформы и информационные ресурсы. И если на данный момент вопрос о кардинальном переходе образования от традиционных форм работы к дистанционному обучению не стоит (учитель уже поставлен в рамки дистанционной работы в связи со сложившимися обстоятельствами), то в ближайшем будущем он встанет наиболее остро и, как следствие, потребуются объективная оценка эффективности использования информационных ресурсов в образовательном процессе в условиях пандемии.

Целью данного исследования стал сравнительный анализ эффективности использования объектно-ориентированной динамической информационной обучающей среды Moodle в качестве основного инструмента обучения иностранному языку в режиме онлайн и вспомогательного при традиционной подготовке студентов, осуществляемой очно.

#### **Материалы и методы исследования**

Материалом исследования послужили ход и результаты преподавательской работы в системе Moodle за период локдауна (на протяжении 4 месяцев) в сравнении с последующим равным по времени периодом традиционного обучения студентов МГТУ им. Г.И. Носова (на примере преподавания дисциплины «Иностранный язык»).

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

Основным вопросом, поставленным в данной работе, стал вопрос о роли информационных технологий в образовательном процессе – может ли смена парадигмы обучения (переход от традиционных принципов, условий, форм, методов и средств к дистанционно-ориентированным) привести к более успешным образовательным результатам и какую роль играет в этом информационно-образовательная среда. Говоря иными словами, мы предполагаем, что оценка эффективности использования конкретной объектно-ориентированной информационной среды (в частности, среды Moodle) в реализации образовательной программы позволяет оценить возможности дистанционного обучения в целом.

В ходе решения данного вопроса был поставлен ряд задач: 1) определить понятийный аппарат; 2) изучить интерактивный контент, предлагаемый в информационно-образовательной среде Moodle, и обозначить основные и вспомогательные единицы данного контента; 3) диагностировать уровень знаний обучающихся в начале и в конце дистанционного и традиционного периодов обучения; 4) проверить и оценить эффективность применения интерактивного инструментария как основного и как вспомогательного в ходе дистанционной и традиционной форм работы соответственно.

В научно-педагогической литературе можно встретить значительное количество различных подходов к определению информационно-образовательной среды. В одних из них в основу определения кладутся информационно-технические средства (информационно-образовательная среда рассматривается как программно-телекоммуникационная система технологических средств, предназначенных для ведения учебного процесса и обеспечивающих его информационную поддержку [2]), в других акцент делается на отличном от традиционного учебно-методическом обеспечении учебного процесса (информационно-образовательная среда описывается как система, объединяющая информационное, техническое, учебно-методическое обеспечение и неразрывно связанная с субъектом образовательного процесса [3]), в третьих – это средство раскрытия творческого потенциала обучаемого [4]. Наиболее точно системный характер информационно-образовательной среды отражен в определении, закрепленном во ФГОС, и в кратком изложении представленном как система информационно-образовательных ресурсов, обеспечивающих освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения [5].

В рамках нашей работы информационно-образовательная среда понимается как совокупность единиц интерактивного контента, предназначенного для организации работы с обучающимися в ходе реализации образовательной программы. К интерактивному контенту мы относим любой контент, который подразумевает активное участие пользователя. Под единицей интерактивного контента понимается микроприложение, обеспечивающее определенный вид интерактивной работы с обучающимся материалом. Система Moodle предлагает разнообразный интерактивный контент, единицы которого мы распределили по четырем основным группам: 1) аудио и видео микроприложения, нацеленные на визуаль-

ное восприятие материала (гиперссылка, видеоконференция и др.); 2) интерактивные развлекательные задания, целью которых является привлечение внимания и развитие интереса к обучающему материалу (игра-кроссворд, игра-миллионер, вики, интерактивный контент); 3) задания, носящие тренировочный характер (задание, текст, файл и др.); 4) микроприложения, предназначенные для контроля усвоения материала (тест, семинар).

Перед началом работы в системе Moodle обучающиеся контрольной группы (студенты первого курса горного института МГТУ им. Г.И. Носова) прошли диагностический тест. Тест включал задания, проверяющие знание грамматики и общеупотребительной лексики, а также навыки просмотрового чтения. Результаты тестирования показали, что уровень владения английским языком у студентов экспериментальной группы был в диапазоне «начальный – ниже среднего» (по английской уровневой системе). Диагностированный уровень знаний позволил наметить основные направления и условия работы: 1) вследствие небольшого словарного запаса объяснение грамматического материала должно было вестись устно и на родном языке; 2) учитывая уровень владения иностранным языком, тексты для чтения и аудирования должны были быть достаточно простыми; 3) необходим значительный уклон в сторону развития словарного запаса, следовательно, в общем процессе обучения коммуникативные задания должны преобладать и подбираться с таким учетом, чтобы осуществлялся перевод словарного вокабуляра из пассивной формы владения в активную.

Все вышеперечисленные моменты указывали на необходимость использования традиционной системы обучения, однако в связи с локдауном была применена дистанционная форма обучения, при которой часть заданий обучающиеся выполняли самостоятельно на платформе Moodle, часть заданий выполнялась в режиме работы с преподавателем онлайн.

В ходе дистанционного обучения в качестве объединяющей основы использовался текст общей тематики (например, мой рабочий день; студенческая жизнь; ведущие университеты мира и т.п.). Работать с текстом студенты должны были самостоятельно. Подбирался облегченный вариант текста (но при этом интересный для обучаемых), который позволял, во-первых, сохранить интерес к иностранному языку, во-вторых, не вызывал дополнительных трудностей. В качестве заданий к тексту использовались в первую очередь тренировочные упражнения: найдите (русские / английские) эквива-

ленты слов в тексте; соедините слова и их определения (сначала определения давались на родном языке, затем на адаптированном иностранном); заполните пропуски словами из таблицы и т.п. Частично использовались интерактивные развлекательные задания, целью которых стало привлечение внимания к изучаемым словам (игра-кроссворд, игра-миллионер, вики, интерактивный контент). При выборе данного задания мы руководствовались тем, что именно интерес к заданию поможет слушателям легче запомнить слова. Объяснение грамматического материала было перенесено в режим видеоконференции с использованием интерактивной доски. Часть тренировочных заданий на развитие грамматических навыков делалась студентами совместно с преподавателем онлайн. В качестве заданий использовались облегченные упражнения на подстановку и определения правильного порядка слов. Закрепление грамматического материала и частичная проверка усвоения проводилась в режиме видеоконференции. Устное объяснение грамматического материала дублировалось видеолекцией. Аудирование осуществлялось на самостоятельной основе, понимание оценивалось с помощью теста онлайн. Мы полагали, что материал для аудиовосприятия должен быть легче (с более простым вокабуляром и грамматическими конструкциями), чем материал для чтения, в связи с отсутствием у студентов дополнительной повседневной иноязычной практики [6, с. 56]. При этом в ходе дистанционного обучения возникли значительные трудности с коммуникативными заданиями, поэтому студентов просили записывать пересказы текстов в аудиофайле и присылать преподавателю. Частично отсутствие коммуникативных заданий компенсировалось общением преподавателя со студентами на иностранном языке онлайн.

По окончании дистанционного обучения студенты также прошли диагностический тест. При проведении тестирования мы исходили из предположения, что тест в начале и в конце дистанционного обучения должен быть приблизительно одинаковым по трудности, что позволяло увидеть реальный прогресс в знаниях. Тест состоял из 50 вопросов (30 вопросов, проверяющих знание грамматики, 10 – лексики и 10 вопросов, проверяющих понимание текста). Критерием оценки послужило количество правильных ответов: 0–15 – низкий уровень знаний, от 16 до 30 – ниже среднего, от 31 до 40 – средний и от 40 до 50 – выше среднего. Сравнительный анализ результатов тестирования в начале и в конце дистанционного обучения представлен на рис. 1.



Рис. 1. Сравнительный анализ результатов диагностического тестирования на начальном и конечном этапах дистанционного обучения

По результатам диагностики прогресс в знаниях показали только те студенты, которые имели средний по группе уровень знаний. Студенты, отстающие от группы, и студент, обладающий более глубокими знаниями, не могли двигаться по программе вне группы и, соответственно, в первом случае не получали дополнительной помощи в восполнении пробелов, а во втором – более глубоких знаний по предмету. Как следствие, возник вопрос о возможности использования дифференцированного подхода к подаче материала в рамках дистанционного обучения [7, с. 70]. На первый взгляд, дистанционное обучение лучше всего подходит для использования дифференцированного подхода (за счет гибкости в подаче материала, дифференцированного набора упражнений в зависимости от уровня знаний и т.п.), однако учитывая, что основная причина использования дистанционного обучения – экономическая эффективность и большая наполняемость группы, оказалось, что с увеличением количества заданий увеличивалась нагрузка на учителя, что вело к снижению эффективности преподавания.

В рамках проводимого анализа период дистанционной работы сравнивался с периодом традиционной работы такой же протяженности во времени. Однако в этом случае информационно-компьютерные технологии играли только вспомогательную роль. В частности, четыре группы интерактивного контента (рассматриваемые выше) были разделены на основные (задания, носящие тренировочный характер) и вспомогательные (аудио- и видеоприложения, развлекательные задания, тестовые материалы). Такое разделение было обусловлено ролью, которую данные единицы контента играли в процессе обучения. Основной акцент в обучении был перенесен с самостоятельной работы на работу с преподавателем.

Несмотря на то, что, как и в первом случае, за основу бралась работа с текстом, текст был значительно сложнее и работа с ним начиналась с коммуникативных заданий, цель которых была познакомить студентов с новой темой. Изменился фокус работы: с грамматики и лексики он перешел к коммуникации, в ходе которой тренировались грамматические и лексические навыки. Например, тренировка грамматических навыков осуществлялась не только с помощью заданий на подстановку и определение порядка слов, но и на перевод с родного языка на иностранный. Тренировка лексики осуществлялась также при работе в парах и в группах. Подход к аудированию не изменился, но дополнялся такими заданиями, как воспроизведение сказанного (когда студент должен был поэтапно прослушивать и затем воспроизводить куски иностранной речи). Важную роль в традиционном обучении сыграли информационно-компьютерные технологии. Если основная группа единиц интерактивного контента использовалась для самостоятельной работы и позволяла не использовать дополнительный раздаточный материал, то вспомогательная группа значительно расширяла имеющиеся возможности и делала подачу обучающего материала более интересной. Во-первых, наличие возможности еще раз прослушать лекцию в формате видео облегчала работу отстающим студентам, гиперссылки давали возможность подключать не только аудио, но и видеоматериал для аудирования (что также делало материал более доступным для отстающих студентов), развлекательный контент использовался как для самостоятельной работы, так и работы в классе (это позволяло разнообразить виды деятельности на уроке), тестирование в основном не применялось, поскольку не давало объективной оценки знаний.

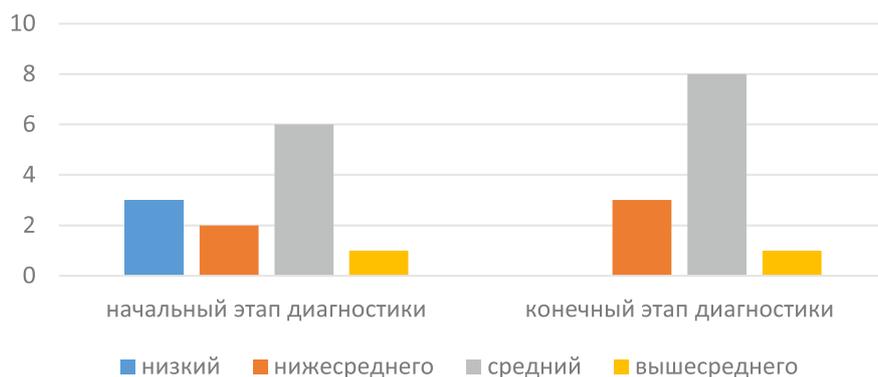


Рис. 2. Сравнительный анализ результатов диагностического тестирования на начальном и конечном этапах традиционного обучения

Диагностирование студентов на этапе очного обучения проводилось по примеру диагностирования на этапе дистанционного обучения. На рис. 2 представлены результаты диагностики.

Диагностика осуществлялась в одной и той же группе (за начальный этап диагностики при традиционном обучении принимался конечный этап диагностики при дистанционном обучении). Диагностический тест для оценки знаний на конечном этапе исследования при традиционном обучении подбирался с учетом выросшего уровня знаний у диагностируемых студентов.

Как показали результаты диагностики, традиционное обучение способствует сокращению разрыва между отстающими студентами и основной частью группы. На наш взгляд, такое положение дел вызвано тем, что преподаватель имеет возможность постоянного контроля и корректировки получаемых знаний. Тем не менее студент, имеющий более высокие знания по предмету, чем все остальные, не перешел в своих знаниях на более высокий уровень, так как реализуемая обучающая программа была рассчитана на более низкий уровень знаний и не способствовала его развитию, это же послужило причиной того, что группа с уровнем знаний выше среднего не увеличилась по составу. Группа студентов со средним уровнем знаний увеличилась на 2 человека, что говорит об эффективности традиционной формы обучения.

Итак, на наш взгляд, основным различием между дистанционной и традиционной формами обучения является отсутствие возможности выравнивать группу по знаниям. При дистанционной работе учитель либо должен обучать меньшее количество учеников для реализации дифференцированного подхода, либо студенты, не выполняющие программу, будут отсеиваться. Еще одним

решением данной проблемы может стать распределение студентов по группам в соответствии с уровнем их знаний.

### Заключение

При сравнительном анализе дистанционного и традиционного подходов к обучению была проведена оценка эффективности использования информационной образовательной среды как основной или вспомогательной и сделан вывод о том, что они имеют равнозначную эффективность. Тем не менее традиционный подход к обучению способствует устранению пробелов в знаниях отстающих учеников, в свою очередь дистанционный подход развивает самостоятельность студентов, ставя их перед необходимостью самосовершенствования и саморефлексии.

### Список литературы

1. Данилов О.Е., Поздеева О.Г. Особенности дистанционного обучения // Проблемы и перспективы развития образования: материалы V Международной научной конференции (Пермь, март 2014 г.). Пермь: Меркурий, 2014. С. 34–37.
2. Токтарова В.И., Федорова С.Н. Информационно-образовательная среда вуза: интерпретационный и содержательный анализ // Вестник Марийского государственного университета. 2018. Т. 12. № 4. С. 77–87.
3. Рубенко А.Н. Информационно-образовательная среда как объект педагогических исследований // Вестник Таганрогского института имени А.П. Чехова. 2017. № 1. С. 106–110.
4. Муженская А.Г. Теоретические подходы к использованию ИКТ для формирования индивидуальной информационно-образовательной среды обучающегося в условиях непрерывного образования // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. 2016. № 1. С. 121–127.
5. ФГОС ООО [Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования]. М.: Просвещение, 2011. 48 с.
6. Suvorova E.V., Akhmetzyanova T.L., Zharova K.S. The «Communicative Circle» Method in Teaching English at a University. Arab World English Journal. 2019. Т. 10. № 2. P. 55–67.
7. Потрикеева Е.С., Ахметзянова Т.Л., Суворова Е.В. Взаимосвязанное обучение говорению и чтению на иностранном языке в неязыковом вузе // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27847> (дата обращения: 25.12.2020).

УДК 378.14

## ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛЕЙ ВКЛЮЧЕНИЯ ОНЛАЙН-ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС УНИВЕРСИТЕТА

Сысоева Л.А.

*ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»,  
Москва, e-mail: Leda@rggu.ru*

Рассматриваются подходы к реализации моделей включения онлайн-технологий в учебный процесс образовательной организации. Целью разработки моделей является создание ИТ-инфраструктуры учебного процесса, гибко реагирующей на изменения требований внешней среды. На основе структурного подхода выполнено описание моделей включения онлайн-технологий на уровне форм учебных занятий в рамках отдельных дисциплин и образовательной программы в целом. Дано описание методики включения онлайн-технологий в процесс реализации образовательной программы. На основе классификаторов форм контактной работы, программных систем, обеспечивающих реализацию онлайн-технологий, приводится формирование сводной таблицы по применению программных систем при реализации образовательных программ. Определены уровни включения синхронных форм контактной работы на основе онлайн-технологий. Выделены количественные показатели для оценки использования онлайн-технологий на уровне дисциплин и образовательных программ в целом. Приведен пример практической реализации онлайн-коммуникации между участниками образовательного процесса через личные кабинеты преподавателя и обучающегося. Применение структурного подхода для реализации данной задачи позволило установить взаимосвязи между компонентами образовательной программы (формами учебных занятий) и информационно-коммуникационными технологиями, обеспечивающими современные требования к реализации учебного процесса. Представленная методика включения онлайн-технологий в процесс реализации образовательной программы может быть использована в структурных подразделениях организаций, занимающихся планированием учебного процесса, формированием ИТ-инфраструктуры.

**Ключевые слова:** структурный подход, онлайн-технологии в учебном процессе, синхронные формы контактной работы с использованием ИТ-технологий

## APPROACHES TO IMPLEMENTATION OF MODELS OF INCLUSION OF ONLINE TECHNOLOGIES IN UNIVERSITY EDUCATIONAL PROCESS

Sysoeva L.A.

*Russian State University for the Humanities, Moscow, e-mail: Leda@rggu.ru*

Approaches to implementation of models of inclusion of online technologies in educational process of educational organization are considered. The goal of model development is to create an IT infrastructure of the educational process that responds flexibly to changes in environmental requirements. On the basis of the structural approach, models of inclusion of online technologies at the level of forms of educational classes within individual disciplines and the educational program as a whole were described. A description of the method of including online technologies in the process of implementing the educational program is given. On the basis of classifiers of contact work forms, software systems that ensure the implementation of online technologies, the formation of a summary table on the use of software systems in the implementation of educational programs is given. The levels of inclusion of synchronous forms of contact work based on online technologies have been determined. Quantitative indicators have been identified to assess the use of online technologies at the level of disciplines and educational programs in general. An example of the practical implementation of online communication between participants in the educational process through the personal account of the student and the personal account of the teacher is given. The application of a structural approach to this task made it possible to establish relationships between the components of the educational program (forms of training) and information and communication technologies that provide modern requirements for the implementation of the educational process. The presented methodology of including online technologies in the implementation of the educational program can be used in the structural divisions of organizations involved in planning the educational process, forming the IT infrastructure.

**Keywords:** structural approach, online technologies in the learning process, synchronous contact forms using IT technologies

В 2020 г. ситуация с пандемией COVID-19 обусловила необходимость внесения значительных изменений в технологии реализации учебного процесса в учебных заведениях высшего образования России. Оперативного решения требовали и задачи, связанные с использованием онлайн-технологий при проведении различных форм учебных занятий.

Учитывая положения Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изм.

и доп., вступ. в силу 01.09.2020), «организации, осуществляющие образовательную деятельность, вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии при реализации образовательных программ в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти» [1, ст. 16, ч. 2] и «образовательные организации свободны в выборе учебно-методического обеспечения, образовательных технологий по реализуемым ими образовательным программам» [1, ст. 28, ч. 2].

Кроме того, для выполнения требований к реализации программ бакалавриата (магистратуры), которые включают необходимость «обеспечения каждого обучающегося в течение всего периода обучения индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) вуза из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет, как на территории вуза, так и вне ее» [2, с. 12], в вузах, в том числе и в РГГУ, к 2020 г. была сформирована программно-техническая инфраструктура для обеспечения различных форм коммуникаций участников образовательного процесса [3, 4].

Цель исследования: определить модели включения онлайн-технологий в учебный процесс университета и разработать методику их реализации.

#### **Материалы и методы исследования**

Необходимость быстрой адаптации процессов (основных, обеспечивающих, управленческих) образовательной организации к изменяющимся требованиям внешней среды обусловила потребность в системном подходе к реализации различных моделей включения онлайн-технологий в учебный процесс.

Учитывая состав архитектуры программно-аппаратного комплекса электронной информационно-образовательной среды университета, имеющихся веб-сервисов и коммуникационных технологий, для реализации поставленной задачи был выбран структурный подход.

В настоящее время наибольшее распространение в практике управления получили такие концепции структурного подхода к исследованию организационных систем, как:

- рациональный подход (теория стратегического развития; структурно-рациональная концепция организационных изменений; инновационная модель; теория ресурсной зависимости) [5–7];

- подход на основе теории жизненных циклов организационных систем [8].

Цель разработки моделей включения онлайн-технологий в учебный процесс университета – создание ИТ-инфраструктуры учебного процесса, гибко реагирующей на изменения требований внешней среды. Текущая ситуация с пандемией COVID-19 требует от ИТ-инфраструктуры обеспечения реализации учебного процесса как в традиционной очной форме, так и с использованием дистанционных образовательных технологий.

При выборе структурного подхода учитывались положения такого направления, как ситуационный подход, в основе которого лежит гипотеза, что структурные характеристики каждой системы или подсистемы зависят от стабильности и уровня предсказуемости внешней среды: чем выше коэффициент стабильности среды, тем более жесткой и менее динамичной будет ее структура, чем менее предсказуема среда, тем более вариативной и гибкой является ее структура [5, 6].

Структурная схема включения онлайн-технологий при реализации образовательных программ состоит из нескольких уровней (рис. 1).

Применение структурного подхода позволяет:

- установить взаимосвязи между компонентами образовательной программы (формами учебных занятий) и информационно-коммуникационными технологиями, обеспечивающими современные требования к реализации учебного процесса;

- формировать стратегию развития ИТ-инфраструктуры организации с учетом требуемых ИТ-технологий и сервисов на уровне каждой дисциплины (практики);

- рассматривать образовательный процесс как «открытый» процесс, который подвержен влиянию извне и должен быстро трансформироваться в зависимости от внешних условий.

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

Использование структурного подхода позволило выделить несколько уровней включения синхронных форм контактной работы при реализации учебного процесса:

- 1) модель включения онлайн-технологий на уровне форм учебных занятий в рамках отдельных дисциплин;

- 2) модель включения онлайн-технологий на уровне дисциплин в рамках образовательных программ;

- 3) модель включения онлайн-технологий на уровне дисциплин (практик/периодов учебного процесса) в рамках образовательных программ и для итоговой аттестации.

Рассмотрим методику включения онлайн-технологий для выделенных моделей (методика описания моделей).

Этап 1. Определение уровня включения онлайн-технологий в процесс реализации образовательной программы.

В зависимости от требований внешней среды и условий реализации образовательной программы выбирается одна из моделей включения онлайн-технологий в учебный процесс.



Рис. 1. Структурная схема включения онлайн-технологий при реализации образовательных программ

Этап 2. Составление перечня форм учебных занятий.

Для каждой дисциплины, входящей в образовательную программу, необходимо сформировать перечень:

- форм учебных занятий (лекции; практические занятия; семинары; лабораторные работы; компьютерные практикумы; консультации и др.);

- форм проведения текущего и промежуточного контроля по различным показателям оценивания (например, требуемые уровни освоения знаний, навыков в рамках отдельных дисциплин), включая индикаторы достижения компетенций.

Формы текущего контроля: контрольная работа; коллоквиум; защита отчета по компьютерному практикуму и лабораторным работам; тестирование.

Формы промежуточного контроля: экзамен; дифференцированный зачет; зачет; защита курсового проекта или курсовой работы.

В случае если рассматривается модель с итоговой аттестацией, то необходимо и для нее определить форму проведения.

Этап 3. Подготовка перечня форм контактной работы, реализуемых на основе онлайн-технологий, которые планируются к применению для каждой формы учебных занятий.

Синхронные формы контактной работы с использованием ИТ-технологий [9] могут быть реализованы как:

- контактная работа на основе онлайн-платформ (ВКС);
- интерактивные практикумы, задания;
- электронное анкетирование, опросы;
- электронное тестирование;
- чаты/форумы;
- виртуальные лаборатории, симуляторы и др.

При выполнении электронного анкетирования, опросов, тестирования синхронность может быть реализована за счет задания параметров даты и времени доступа к данным ресурсам, длительности выполнения заданий и др.

Этап 4. Формирование перечня онлайн-технологий, обеспечивающих реализацию различных форм контактной работы.

Программные системы планируемых или применяемых для реализации различных форм контактной работы на основе онлайн-технологий представлены в табл. 1.

При формировании табл. 1 применяется перечень программных систем с указанием следующих данных:

- наименование программной системы;
- код программной системы;
- лицензионная политика (лицензионный программный продукт / программный продукт свободного доступа);

**Таблица 1**

Программные системы, обеспечивающие реализацию различных форм контактной работы на основе онлайн-технологий

Код формы контактной работы	Формы контактной работы на основе онлайн-технологий	Программные системы	Код программной системы
K1	Контактная работа на основе онлайн-платформ (ВКС)	MS Teams Zoom Webinar.ru	П1 П2 П3
K2	Электронные онлайн-курсы	LMS Moodle HCM Mirapolis LMS Classroom	П4 П5 П6
K3	Интерактивные практикумы, задания	LMS Moodle HCM Mirapolis Trello	П4 П5 П7
K4	Электронное анкетирование, опросы	Личный кабинет обучающегося Google Forms	ЛКО-А П8
K5	Электронное тестирование	LMS Moodle HCM Mirapolis Google Forms	П4 П5 П8
K6	Чаты/форумы	Корпоративный чат Чат в Личном кабинете обучающегося Чат в Личном кабинете преподавателя с возможностью проведения онлайн-коммуникаций на уровне учебных групп	П9 ЛКО-Ч ЛКП-Ч ЛКП-ЧГ
K7	Виртуальные лаборатории, симуляторы	Профессиональные симуляторы и тренажеры Компьютеризированные манекены Механические, манипуляционные тренажеры GitLab	П10 П11 П12 П13
K8	Совместное использование хранилищ данных и электронных ресурсов	Инфраструктура Google Suite Облачные сервисы (открытого доступа) для хранения и работы с электронными ресурсами	П14 П15
K9	Электронное портфолио студентов / Накопление цифрового следа	Система хранения данных Личный кабинет обучающегося Личный кабинет преподавателя	П16 ЛКО-П ЛКП-ПО

– место размещения (на корпоративных ресурсах / аутсорсинг);

– сопровождение системы (собственными ресурсами / аутсорсинг).

Этап 5. Составление перечня используемых онлайн-технологий по каждой дисциплине.

На основе подготовленных классификаторов форм контактной работы, программных систем, обеспечивающих реализацию онлайн-технологий, формируется сводная таблица по применению программных систем при реализации образовательных программ (табл. 2).

В сводные таблицы на уровне образовательных программ включаются также и данные по применению программных систем при реализации практик,

других периодов учебного процесса и итоговой аттестации.

Этап 6. Анализ использования онлайн-технологий в процессе реализации образовательных программ.

Целью проведения анализа является расчет таких количественных показателей, как:

– уровень обеспеченности различных форм контактной работы средствами онлайн-технологий;

– вариативность использования онлайн-технологий по формам контактной работы на уровне отдельных дисциплин;

– соотношение использования корпоративных (лицензионных) онлайн-технологий и технологий открытого доступа на уровне отдельных дисциплин и образовательных программ в целом.

Таблица 2

Программные системы, обеспечивающие реализацию различных форм контактной работы на основе онлайн-технологий

Дисциплины	Код формы контактной работы								
	К1	К2	К3	К4	К5	К6	К7	К8	К9
Дисциплина 1	П2	П4	П4	ЛКО-А	П4	ЛКО-Ч ЛКП-Ч ЛКП-ЧГ		П14	П16 ЛКО-П ЛКП-ПО
Дисциплина 2	П2	П4	П4 П7	ЛКО-А П8	П4 П8	ЛКО-Ч ЛКП-Ч ЛКП-ЧГ		П14 П15	П16 ЛКО-П ЛКП-ПО
...									
Дисциплина n	П2	П5	П5	ЛКО-А	П5	ЛКО-Ч ЛКП-Ч ЛКП-ЧГ		П14 П15	П16 ЛКО-П ЛКП-ПО
...									
Итоговая аттестация	П2								

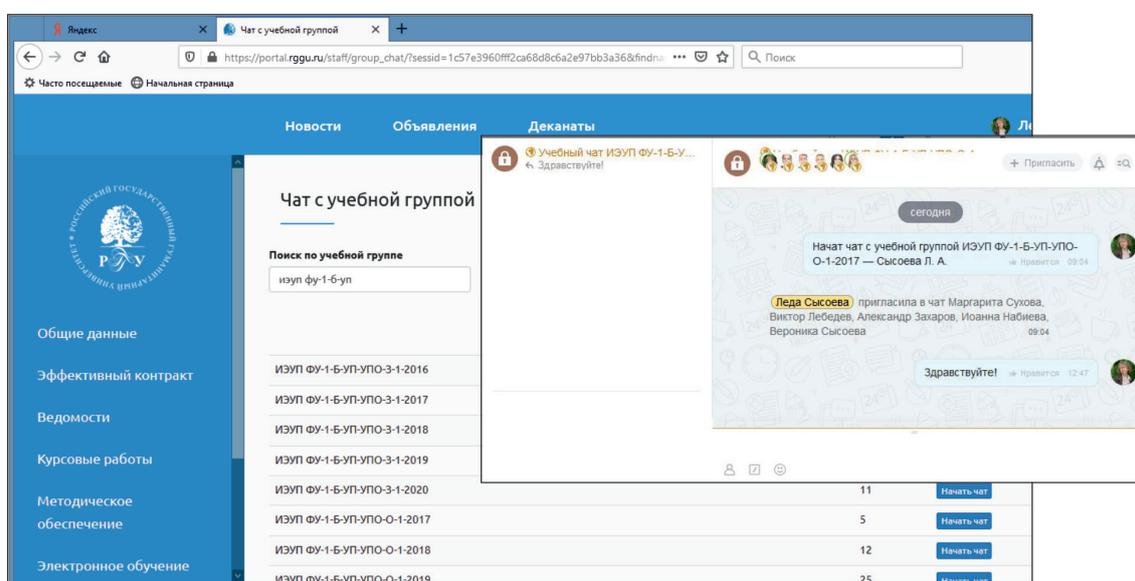


Рис. 2. Практическая реализация включения онлайн-технологий в процесс обучения через ЭИОС университета

В качестве примера практической реализации включения онлайн-технологий в процесс реализации образовательных программ можно привести использование технологий чатов с учебными группами и персонализированных чатов между участниками образовательного процесса, которые выполняются в Личном кабинете преподавателя и Личном кабинете обучающегося (рис. 2).

### Закключение

Таким образом, использование структурного подхода к выделению моделей включения онлайн-технологий в процесс

реализации образовательной программы позволило:

- определить уровни включения синхронных форм контактной работы на основе онлайн-технологий в учебный процесс;
- разработать методику включения онлайн-технологий в процесс реализации образовательных программ;
- определить количественные показатели для оценки использования онлайн-технологий в процессе реализации образовательных программ.

### Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ (с изм. и доп., вступ.

в силу 01.09.2020). [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174) (дата обращения: 10.12.2020).

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика. Утв. Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 января 2017 г. № 922. [Электронный ресурс]. URL: [http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203+%/Bak/090303\\_B\\_3\\_17102017.pdf](http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203+%/Bak/090303_B_3_17102017.pdf) (дата обращения: 10.12.2020).

3. Положение об электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет» (РГГУ). Утв. приказом ректора от 24 ноября 2017 года № 01-416/осн. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rsuh.ru/sveden/electronic-information-educational-environment/regulatory-documents.php> (дата обращения: 10.12.2020).

4. Сысоева Л.А. Опыт разработки архитектуры электронной информационно-образовательной среды университета // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2018. № 1. С. 27–31.

5. Балашов А.П. Теория организации: учебное пособие. М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2019. 208 с.

6. Тебекин А.В., Мантусов В.Б. Управление организацией: монография. М.: РИО Российской таможенной академии, 2016. 312 с.

7. Жигун Л.А. Теория менеджмента: теория организации: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2018. 320 с.

8. Адизес И. Управление жизненным циклом корпораций / Пер. с англ. В. Кузина. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 512 с.

9. Осипова С.И., Соловьева Т.В. Проектирование студентом индивидуальной образовательной траектории в условиях информатизации образования: монография. М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. 140 с.

УДК 373.2:376

## ИГРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ «ЖИПТО» В КОРРЕКЦИОННО-РАЗВИВАЮЩЕЙ РАБОТЕ ДОШКОЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

<sup>1</sup>Троева-Лугинова Л.Д., <sup>2</sup>Голиков А.И.

<sup>1</sup>МБДОУ детский сад № 23 «Цветик-семицветик», Якутск, e-mail: ledit65@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск, e-mail: alex\_golikov@mail.ru

Рассматривается проблема влияния настольных игр на когнитивное развитие детей с ограниченными возможностями здоровья. Подчеркивается актуальность решения данной проблемы в связи с неуклонно увеличивающимся числом детей с проблемами здоровья, в том числе детей с ОВЗ. В статье раскрываются особенности коррекционно-развивающей работы с детьми с нарушениями зрения при помощи игровой технологии «ЖИПТО» (автор игры Г.В. Томский). Цель исследования – рассмотреть педагогические возможности игровой технологии «ЖИПТО» в коррекционно-развивающей работе дошкольной образовательной организации. Гипотеза исследования основана на предположении, что использование ЖИПТО создает благоприятные условия развития осязательного и зрительного восприятия детей с нарушениями зрения. Апробация игровой технологии «ЖИПТО» проводилась на базе детского сада № 11 «Подснежник» г. Якутска для детей с нарушениями зрения. Предлагаются упражнения для развития глазодвигательных мышц посредством ЖИПТО, при этом игровое поле является зрительным тренажером. Проводятся упражнения со зрительными стимулами (фигурами ЖИПТО). В зависимости от игрового упражнения размер поля, как в настольной версии ЖИПТО, либо меньше или больше; поле либо стоит вертикально, либо горизонтально, фигуры могут управляться магнитом сзади поля. Результаты исследования позволяют говорить, что использование игровой технологии «ЖИПТО» в коррекционно-развивающей работе детского сада эффективно в преодолении недостатков развития личности ребенка с нарушением зрения.

**Ключевые слова:** ЖИПТО, игровая технология, дети с проблемами зрения, зрительная гимнастика, зрительное восприятие, осязательное восприятие

## GAME TECHNOLOGY «JIPTO» IN CORRECTION AND DEVELOPMENT WORK OF PRE-SCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTION

<sup>1</sup>Troeva-Luginova L.D., <sup>2</sup>Golikov A.I.

<sup>1</sup>Municipal Budgetary Pre-school Educational Institution, Kindergarten № 23 «Tsvetik-semitsvetik», Yakutsk, e-mail: ledit65@mail.ru;

<sup>2</sup>North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: alex\_golikov@mail.ru

The impact of board games on the cognitive development of children with special health needs is considered. The importance of addressing this problem is emphasized by the ever-increasing number of children with health problems, including children with disabilities. The article discusses the peculiarities of correction and development work with visually impaired children by means of JIPTO play technology (author of the game G.V. Tomsky). The aim of the research is to examine the pedagogical possibilities of the game technology of JIPTO in the correction and development work of pre-school educational organization. The research hypothesis is based on the assumption that the use of JIPTO creates favorable conditions for the development of a tactile and visual perception of children with special needs. Testing of the JIPTO game technology was carried out on the basis of kindergarten 11 « Podснежник» in Yakutsk for children with visual impairments. Exercises for the development of oculomotor muscles by means of JIPTO are offered, where the playing field is a visual simulator. Exercises with visual stimuli (figures) are performed. Depending on the game exercise, the field size is the same as in the desktop version of JIPTO which is either smaller or larger; the field is either vertical or horizontal, the figures can be controlled by a magnet at the back side of the field. According to the research insights, the use of JIPTO play technology in the correction and development work of kindergarten was shown to be effective in overcoming the lack of personality development of a visually impaired child.

**Keywords:** JIPTO, game technology, children with vision impairment, gymnastics for better vision, visual perception, tactile perception

Одним из важнейших направлений государственной политики Российской Федерации в области образования является обеспечение реализации права детей с ограниченными возможностями здоровья на образование и регулируются Федеральными законами Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» и «О ратификации Конвенции о правах инвалидов»

от 3 мая 2012 г. Государства, ратифицировавшие Конвенцию, обязуются развивать инклюзивное образование, в том числе обучение детей с ограниченными возможностями здоровья вместе с обычными детьми.

Сегодня в дошкольных образовательных организациях (ДОО) уже накоплен определенный опыт работы с детьми с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Тем не менее одной из актуальных проблем в Ре-

спублике Саха (Якутия) стало увеличивающееся число детей дошкольного возраста с проблемами здоровья, в том числе детей с ОВЗ. В связи с этим появляется необходимость поиска других возможностей для их адаптации в обществе и апробации новых методов и технологий обучения в детском саду и школе.

Одним из инновационных подходов по данной проблеме мы считаем использование игровой технологии «ЖИПТО» в коррекционно-развивающей работе с детьми с ОВЗ.

В Республике Саха (Якутия) ЖИПТО (игра «Сонор») внедряется в детских садах и начальной школе с 1990-х гг. и используется в работе с детьми и с семьей. Правила настольной игры «Сонор» впервые были разработаны в 1988 г. профессором Якутского государственного университета, доктором физико-математических наук Г.В. Томским. В нашей совместной работе А.И. Голиков, Г.В. Томский мы расшифровали аббревиатуру «за рубежом игра «Сонор» известна под названием «ЖИПТО» (JIPTO: Jeux Intellectuels de Poursuite pour Tous / Интеллектуальные игры преследования для всех)» [1].

ЖИПТО «моделирует ситуации с одним преследователем и пятью убегающими. В партии участвуют два противника, один из которых играет белыми фигурами, изображающими убегающих, а второй черной фигурой – преследователем. Целью убегающих, сосредоточенных в начале игры на одной стороне игрового поля, является достижение противоположной стороны, чему стремится препятствовать преследователь» [1].

Опыт работы по игровой технологии «ЖИПТО» показывает, что данная технология раскрывает потенциальные возможности, интеллектуальные и творческие способности каждого, развивает психические процессы у детей, расширяет кругозор ребенка и уточняет его интерес [1, 2].

Цель исследования: рассмотреть педагогические возможности игровой технологии ЖИПТО в коррекционно-развивающей работе дошкольной образовательной организации.

#### **Материалы и методы исследования**

Для реализации цели нашего исследования мы провели опытно-экспериментальную работу на базе МБДОУ «Центр развития ребенка – Детский сад № 11 «Подснежник» городского округа «город Якутск».

Ключевой вопрос исследования, насколько актуально и эффективно использование ЖИПТО в коррекционно-развивающей

работе с детьми старшего дошкольного возраста с нарушениями зрения.

Начиная с 2016 г. на базе МБДОУ «Центр развития ребенка – Детский сад № 11 «Подснежник» городского округа «город Якутск» компенсирующей направленности нами реализовывался проект «Игровая технология «ЖИПТО» в коррекционно-развивающей работе с детьми дошкольного возраста с нарушениями зрения», который включил в себя кружковую работу с детьми, взаимодействие с педагогами и родителями. Апробация коррекционно-развивающей работы с детьми дошкольного возраста с нарушениями зрения с использованием игровой технологии ЖИПТО проводилась в течение трех лет при тесном сотрудничестве с заведующей детским садом Т.П. Ткачук, дефектологом А.И. Федотовой, воспитателями Л.Д. Андросовой и О.И. Балаевой, педагогом дополнительного образования М.Д. Бускаровой.

Цель кружковой работы – создать условия для познавательной активности детей старшего дошкольного возраста; применение ЖИПТО как глаздвигательного тренажера; развитие тактильных и слуховых ощущений посредством игровой технологии ЖИПТО.

Кружковыми занятиями ЖИПТО было охвачено 23 ребенка (5–7 лет), с диагнозами гиперметропия слабой степени ОИ, расходящее косоглазие до  $-20^\circ$ , смешанный астигматизм слабой степени ОИ, миопия средней тяжести, амблиопия средней и тяжелой степени, бинокулярная ретинобластома, субатрофия зрительного нерва ОС, гиперметропия.

Методы исследования: изучение, систематизация и обобщение психолого-педагогической и научной литературы, опрос, наблюдение, качественный и количественный анализ педагогической деятельности.

При организации своей деятельности мы опирались на основные принципы коррекционной дошкольной педагогики [3]. Обязательным компонентом коррекционно-развивающей работы с детьми с амблиопией, косоглазием и с другими проблемами в зрении является зрительная гимнастика [4]. Предлагали воспитателям групп и дефектологам заниматься с детьми, используя различные версии ЖИПТО. Многие проблемы «глаз возникают из-за слабости глаздвигательных мышц» [5].

Глаздвигательные мышцы, которые растягивают и выгибают хрусталик, позволяя видеть вблизи и вдаль, как и любые другие, при отсутствии тренировки теряют свою работоспособность, при длительной работе вблизи, например на компьютере

или при работе в тетрадах по математике и грамоте в детском саду, эти мышцы находятся в постоянном напряжении, которое может привести к спазму аккомодации [5]. Поэтому надо проводить зрительную гимнастику для глазодвигательных мышц, укреплять и тренировать и давать им отдых.

Основная проблема, с которой сталкиваются тифлопедагоги, это «трудности восприятия предлагаемого материала детьми, имеющими нарушения зрения. Поэтому игровой и демонстрационный материал необходимо было адаптировать» [6].

Предлагаются упражнения для развития глазодвигательных мышц посредством ЖИПТО. Игровое поле ЖИПТО – это зрительный тренажер (в зависимости от игрового упражнения размер поля как в настольной версии, либо меньше или больше; поле либо стоит вертикально, либо горизонтально, фигуры могут управляться магнитом сзади поля). Необходимо производить движения глазами по разным направлениям (для каждой возрастной группы разное количество повторений): вверх, вниз и в стороны, сопровождать движения фигуры (прямые линии, ломаные, зигзагообразные и восьмерочки).

Рекомендуемые цвета траекторий – голубой, жёлтый, зелёный, красный – показывают направление движений глаз (может быть размещён на настольном поле, на стене, на потолке, с отражением через проектор, на напольном поле).

Упражнения со зрительными стимулами (фигурами ЖИПТО). На кончик указки, на ниточку, на палочку прикрепляем зрительный стимул, перемещаем указку в заданном направлении, сопровождая движения словами, стихами, потешками.

В перерывах между игровыми партиями применяем комплекс упражнений на развитие зрительных функций при амблиопии по методике Э.С. Аветисова [7].

Также применяются упражнения, способствующие развитию органов зрения, различных мышц глазодвигательного аппарата, на улучшение циркуляции крови в органе зрения, на укрепление глазодвигательных мышц, на снятие зрительного утомления, на укрепление окологлазных мышц.

Глазодвигательные тренировки (перемещать взгляд на фигуры ЖИПТО, подвешенные в разных частях помещения). В процессе зрительного поиска дети могут совершать совместные движения головой, глазами и туловищем.

Развитие прослеживающей функции глаза. (Проследить взором путь фигур ЖИПТО. Можно использовать лазерную указку.)

Использование малых зрительных схем. (Проследить глазами линии разных конфигураций – волнистые, спиральные, закрученные. Толщина линий примерно 1 см. Размещаем выше уровня глаз ребёнка.)

Для прослеживания круглых фигур на настольном поле ЖИПТО создаются бортики, лунки. Ребенок катает шарики (их 5 штук), старается попасть в лунки. Лунки расположены в разном месте игрового поля ЖИПТО, таким образом, у ребенка появляется возможность проследить движение шариков, стараться ими попасть в лунки и, следовательно, получать очки.

На расширение зрительно-пространственной активности проводились следующие игры: «Соедини птиц глазами», т.е. называть последовательность, ребёнок перемещает взор; «Положи глазками овощи в корзинку», это игры, способствующие развитию фиксации взора и повышению остроты зрения; «Попади мячиком в колечко», для этого игровое поле ЖИПТО становится мишенью. На нем имеются отверстия в виде колец, разного размера. До первой линии поля отверстия большие, до средней линии – средние, до третьей линии – маленькие. Соответственно, если ребенок попадает в отверстие, получает очко, на основе линии жизни. Игра «Посади бабочку», игровое поле рассеяно цветами разного цвета и оттенка. Ребенок двигает фигуры ЖИПТО соответственно его цвету.

Для детей с нарушениями зрения необходимо развивать тактильное и слуховое восприятие, ориентировку в пространстве.

Большинство слабовидящих детей имеют низкий уровень развития осязательной чувствительности и пальчиковой моторики, не могут спонтанно подражать окружающим, низкий уровень владения предметно-практическими действиями, чем хорошо видящих детей. Как отмечают специалисты, дети с частичной потерей зрения не осознают роли осязания как компенсационного средства зрительной информации. Также в связи с низкой двигательной активностью мышц рук у детей с нарушением зрения руки бывают вялыми или наоборот весьма напряжёнными. Это тормозит развитие тактильности, моторики рук и тем самым негативно влияет не только на развитие практически-предметных действий, но и на процессы восприятия.

Считаем, что занятия по коррекции развития осязания способствует и развитию зрительного восприятия. И это происходит за счет накопления представлений, дополнительных знаний о предметах, которые они получают в процессе игровых действий. Именно при овладении приёмами

осозательного восприятия объектов, выполнении алгоритма практических операций тактильно-двигательного анализатора представляют эффективность для слабовидящих детей более точно представлять предметы, ориентироваться в пространстве, воспринимать окружающий мир и позволяет таким детям быть более активными, гибче и легче адаптироваться и социализироваться.

По мнению Л.И. Плаксиной, «осозание становится эффективным средством познания окружающего мира в процессе упражнений рук в разных видах предметно-практической деятельности, благодаря которой вырабатываются тонкие дифференцировки восприятия» [8].

Для восприятия звука мы предлагаем детям игровое поле с разной фактурой поверхности до линий. Например, поле до первой линии матерчатое, до второй линии – деревянное, до третьей линии – пластмассовое или стеклянное. При продвижении фигур ЖИПТО они будут издавать различные звуки в соответствии с поверхностью. В таком случае ребенок может продвигать фигуры закрытыми глазами, при этом подсчитать свои очки.

Или дети играют с фигурами, наполненными различными наполнителями. Какими фигурами ребенок будет играть, те он будет доставать из мешочка. Например, зайчики – наполнитель манная крупа, песок; волк – наполнитель твердые крупы, камешки и т.д. Помимо этого, игру можно проводить на напольном поле, где дети сами становятся фигурами. В этом случае вводится музыкальное сопровождение игры.

К кружковым занятиям активно привлекались родители. Проводились консультации для родителей по использованию игровой технологии ЖИПТО с учетом особенностей нарушения зрения, открытые занятия, устраивались турниры между семьями.

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

В результате организации коррекционно-развивающей работы с детьми с нарушениями зрения была успешно апробирована игровая технология «ЖИПТО» и на данном этапе достигнуты следующие положительные результаты:

1. Улучшилась координация глаз у 100 % детей вследствие различных упражнений и тренингов для укрепления и развития глазодвигательных мышц.

2. Положительную динамику дали показатели зрительной функции глаз: высокий уровень у 43 % детей.

3. У 63 % детей сформированы высокая осозательная чувствительность и восприятие, у 37 % детей – выше среднего.

4. Высокий показатель у детей получен по развитию мелкой моторики рук – 100 %.

5. Также отмечена сформированность предметно-практической деятельности, зрительно-моторной и слуховой моторной координации у детей: высокий уровень – 54 %, средний уровень – 46 %.

6. Слуховое восприятие улучшилось у 100 % детей.

Также в ходе исследования получены следующие рекомендации для коррекционно-развивающей работы с использованием ЖИПТО:

1. Обучать различным действиям рукой и отдельными пальцами при передвижении фигур ЖИПТО по игровому полю.

2. Обучать последовательному обследованию ЖИПТО, сравнивая их с предметным изображением.

3. Учить различать с помощью осязания «убегающих» и «преследователей» и находить эти фигуры на игровом поле ЖИПТО.

4. Учить различать свойства поверхности игрового поля и фигур ЖИПТО (мягкая, твердая, теплая, холодная, гладкая, шероховатая, тяжелая, легкая и т.п.).

5. Учить различать величину предметов, учить осозательным приемам сравнения фигур.

6. Учить использованию осязания в процессе ориентировки на игровом поле (определять поверхности, находить разницу в поверхностях предметов, различать эти признаки в реальной обстановке).

7. Учить классифицировать фигуры ЖИПТО в группы по общим отличительным осозательным признакам.

8. Учить ориентироваться на игровом поле ЖИПТО с помощью осязания (выделять стороны, углы, середину игрового поля и фигур по образцу и словесному указанию).

В ходе исследования на базе ЖИПТО разработаны задачи разной степени трудности.

В ходе реализации проекта «Игровая технология «ЖИПТО» в коррекционно-развивающей работе с детьми дошкольного возраста с нарушениями зрения» на базе МБДОУ «Центр развития ребенка – Детский сад № 11 «Подснежник» городского округа «город Якутск» на период с 2016 по 2019 г. нами были организованы ряд проблемных и методических семинаров городского уровня, курсов повышения квалификации для воспитателей групп компенсирующей и комбинированной направленности, педагогов, работающих с детьми с ОВЗ на тему «Использование

игровой технологии «ЖИПТО» в коррекционно-развивающей работе с детьми с ОВЗ», с охватом 400 человек. Данные мероприятия способствовали формированию у педагогов компетенций применения ЖИПТО в коррекционно-развивающей работе с детьми с ОВЗ. Педагоги экспериментальной площадки поделились опытом применения ЖИПТО для развития познавательной сферы, а также зрительных, осязательных, слуховых ощущений у детей с нарушениями зрения. Особый интерес у слушателей семинаров и курсов повышения квалификации вызвали отзывы родителей детей с ОВЗ по влиянию игровой технологии на познавательное развитие детей, активного использования в ЖИПТО остаточного зрения и обогащение опыта ребенка тактильными и слуховыми ощущениями, а также более близкого эмоционального контакта ребенка с родителями.

Для обмена опытом работы с семьями с детьми с ОВЗ большое значение приобрели конкурсы по использованию игровой технологии «ЖИПТО». В качестве примера приведем республиканский конкурс «Всей семьей», в котором принимали участие дети с церебральным параличом (ДЦП).

Среди конкурсантов была семья из Амгинского улуса, имеющая ребенка с ДЦП, который получал домашнее обучение. На заочном этапе конкурса участники конкурса показали видеоматериалы об использовании ЖИПТО во время досугов в семье. Видеоматериалы этой семьи содержали методику обучения ребенка посредством настольной игры ЖИПТО в условиях семьи. В процессе игры родители разминали непослушные пальчики мальчика, играли в подсчеты очков, тренировали логическое, математическое мышление, внимание, память через расположение фигур на поле, активизировали речь мальчика посредством творческих заданий. Впоследствии мальчик стал создавать свое авторское поле, фигуры, затем стал сочинять истории к ним, начал писать рассказы, сказки. Во всем этом была сильная поддержка со стороны членов семьи. Мальчик был награжден в номинации «За сильную волю». Родители ребенка на своем опыте убедились в бесценных возможностях игровой технологии ЖИПТО, в своих выступлениях подчеркну-

ли роль игры в полноценном восприятии мира ребенком и его адаптации в обществе. Несмотря на то, что врачи предрекали необучаемость ребенка, благодаря этой технологии, мальчик впоследствии успешно окончил школу, исторический факультет университета, принимает активное участие в конференциях.

Таким образом, результаты исследования и проведенной работы доказывают эффективность настольной игры ЖИПТО и являются инновационной технологией в развивающей работе с детьми с ОВЗ.

### Заключение

Проведенное исследование позволило прийти к выводу, что игровая технология «ЖИПТО» может быть использована в коррекционно-развивающей работе дошкольной образовательной организации. Материалы исследования могут быть полезными в практической деятельности руководителей, специалистов организаций, реализующих адаптированные основные образовательные программы дошкольного образования слабовидящих детей, а также родителей, воспитывающих детей с нарушениями зрения дошкольного возраста.

### Список литературы

1. Голиков А.И., Томский Г.В. Система ДИП в образовании // Вестник ЯГУ. 2005. Т. 2. № 1. С. 17–19.
2. Троева-Лугинова Л.Д. Игровая технология ЖИПТО в республике Саха (Якутия): пути развития. Якутск: АОУ ДПО РС (Я) ИРОиПК, 2013. 119 с.
3. Дружинина Л.А. Коррекционная работа в детском саду для детей с нарушением зрения. М.: Экзамен, 2014. 160 с.
4. Подколзина Е.Н. Дидактические игры в работе с дошкольниками, имеющими нарушения зрения // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития. 2012. № 6. С. 24–32.
5. Казеева Л.Г., Фалахеева Т.Д. Зрительная гимнастика как компонент коррекционной работы с детьми, имеющими нарушения зрения // Тенденции сохранения уровня здоровья и двигательной активности юношей и девушек, проживающих в условиях дальневосточного региона. 2014. № 1. С. 491–501.
6. Куликова Е.Н. Игровая технология «Логические блоки Дьенеша» как средство развития сенсорных представлений у детей с нарушением зрения // Молодой ученый. 2016. № 23.2 (127.2). [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/127/35340/> (дата обращения: 24.12.2020).
7. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 1999. 288 с.
8. Плаксина Л.И. Роль коррекционно-развивающего обучения в преодолении недостаточности зрительной ориентации у дошкольников с нарушением зрения // Медрабонтник ДОУ. 2017. № 7. С. 99–106.

УДК 37.011(493)

**СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ УЧИТЕЛЕЙ В БЕЛЬГИИ****Яценко Г.С.***ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет», Казань, e-mail: galina-yatsenko@mail.ru*

Инновации в педагогическом образовании стали значительной проблемой как в России, так и во всем мире, и их цель и задачи необходимо пересмотреть в соответствии с прошлыми, текущими и будущими контекстами. Проведенное исследование показало, что профессиональное педагогическое образование в Бельгии переживает сложный период реформ, направленных на интенсификацию и совершенствование всех его компонентов. Изученный историко-педагогический материал позволяет судить, что становление и развитие профессионального педагогического образования в Бельгии происходило в течение нескольких периодов: первый период (1830–1890 гг.) – период становления системы педагогического образования в Бельгии в условиях сложного выбора модели подготовки учителей и языкового противостояния между 2 школами подготовки; второй период (1890–1958 гг.) – период стагнации в образовательной сфере в условиях экономического упадка Бельгии, отказа от влияния церкви, решения вопросов повышения уровня образованности населения; третий период (1958–1998) – период превалирования идеологии «многоязычной реальности» в системе профессионального образования и децентрализации управления образованием; четвертый период (1999–2018) – «бологнаизация» и развитие системы профессионального педагогического образования в контексте европейской повестки; пятый период (с 2019 г. – по настоящее время) – период реформирования педагогического образования. Таким образом, в результате комплексного многофакторного исследования раскрыты основные этапы становления и развития системы профессионального педагогического образования в Бельгии.

**Ключевые слова и фразы:** учитель, подготовка учителя, система профессионального педагогического образования в Бельгии

**FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE PROFESSIONAL TEACHER TRAINING IN BELGIUM****Yatsenko G.S.***Kazan Federal University, Kazan, e-mail: ssr80@yandex.ru*

Innovations in teacher education have become a significant problem in Russia and around the world, and their objectives need to be redefined in accordance with the past, current and future contexts. The present study shows that vocational teacher education in Belgium is going through a difficult period of reforms aimed at intensifying and improving all of its components. The considered historical and pedagogical data allows us to present that the formation and development of professional teacher education in Belgium has taken place over several periods: the first period (1830–1890) – the period of the formation of the system of teacher education in Belgium under the conditions of a difficult choice of the model of teacher training and linguistic confrontation between two training schools; the second period (1890–1958) – a period of stagnation in the educational sphere under the conditions of the economic decline in Belgium, the rejection of the influence of the church, the solution of issues of raising the level of education of the population; the third period (1958–1998) – the period of the prevalence of the ideology of «multilingual reality» in the vocational education system and the decentralization of education management; the fourth period (from 1999–2018) – «Bolognaization» and the development of the system of professional teacher education in the context of the European agenda; the fifth period (from 2019 to the present) – the period of reforming of teacher education. Thus, as a result of a comprehensive multifactorial study, the main stages of the formation and development of the system of professional teacher education in Belgium are revealed.

**Keywords and phrases:** teacher, teacher training, vocational teacher education system in Belgium

Формирование единого европейского образовательного пространства повлекло за собой изменения в большинстве западно-европейских систем образования. Бельгия, чья система профессионального образования перешла в состояние реформирования, одной из первых попыталась модернизировать и оптимизировать всю национальную образовательную систему в соответствии с требованиями Болонской декларации [1]. Именно в последние несколько лет система подготовки педагогических кадров в стране находится на пути постоянных перемен, где преобразуются старые и внедряются новые

формы подготовки учителей для различных ступеней образования.

В этом контексте следует обратиться к истории становления профессионального образования в Бельгии, которое происходило в сложных условиях.

Цель исследования: выявление генезиса становления и развития системы профессиональной подготовки учителей в Бельгии.

**Материалы и методы исследования**

В последние годы в сравнительно-педагогических исследованиях системы профессионального образования в Бельгии от-

мечается ориентация на изучение вопросов подготовки педагогических кадров, а именно: особенности общепедагогической подготовки преподавателей профессиональной школы в системе высшего образования Бельгии и Нидерландов были рассмотрены в диссертационном исследовании А. Усковой [2]; профессиональная подготовка учителей английского языка в Бельгии рассматривалась в трудах украинской исследовательницы Е.С. Процько [3]; развитие системы профессионального образования Бельгии в условиях евроинтеграции представлено в работах Ю.В. Закауловой [4].

Методы исследования показательны для методики изучения истории образования и педагогики: логико-гносеологический анализ; метод актуализации, отбора, систематизации и обобщения фактов и оригинальных источников.

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

Исследователь Ю.В. Закаулова рассматривает следующую периодизацию становления и развития профессионального образования в Бельгии [4]: первый период (1814–1831 гг.) – период становления системы профессионального образования в Бельгии в условиях правления государством Нидерландами; второй период (1831–1878 гг.) – период формирования системы профессионального образования в условиях становления и развития независимости государства; третий период (конец XIX – начало XX столетия) – период оптимизации и гуманитаризации профессионального образования; четвертый период (50-е гг. XX столетия) – период противостояния идеологии в системе профессионального образования; пятый период (1970–1993 гг.) – период децентрализации управления образованием; шестой период (1994–2000 гг.) – период реформирования сектора среднего и начального образования; седьмой период (с 2001 г. – по настоящее время) – период развития системы профессионального образования в контексте глобализации. Проанализировав официальные документы и результаты исследования бельгийских и зарубежных ученых, представим ретроспективу становления и развития системы профессиональной подготовки учителей в Бельгии.

*Первый период (1830–1890 гг.) – «бельгийский компромисс» – период становления системы педагогического образования в Бельгии в условиях сложного выбора модели подготовки учителей и языкового противостояния между двумя школами подготовки.* 23 сентября 1830 г. произошла

бельгийская революция, и в том же году Бельгия вышла из состава Нидерландского королевства и получила независимость. В то время ситуация в области образования значительно ухудшилась из-за ограничений средств на содержание учебных заведений и влияния церкви [5].

Развитие высшего образования в рамках вновь созданного бельгийского государства в целом происходило в соответствии с основными этапами становления высшей школы в Западной Европе, но следует выделить две особенности этой страны, которые наложили весьма характерный отпечаток на всю систему образования: наличие двух языков обучения и влияние церкви – обуславливают большое разнообразие и неоднозначность организационной структуры высшей школы Бельгии [5].

С середины XIX в. подготовка учителей проходила почти исключительно в новых колледжах университетов Гента и Льежа. Официально с 1830 г. учителя средней школы должны были получать свидетельство о педагогической компетентности, выдаваемое университетом или провинциальной экзаменационной комиссией. Возросший спрос на улучшенную педагогическую подготовку будущих учителей был полностью обеспечен новыми педагогическими колледжами [6].

Выбор правительства в конце 1840-х гг. стремиться к научной, а также практической педагогической подготовке учителей явился результатом модели, которую они использовали при создании педагогических колледжей. Многие практические правила были скопированы по французскому примеру.

В 1878 г. либеральному правительству В. Фрер-Орбана удалось провести через парламент закон, предусматривающий отделение школ от церкви. В это непростое время в каждой общине создавались светские школы, где к преподаванию допускались учителя только с дипломами государственного образца [6].

*Второй период (1890–1958 гг.) – период стагнации в образовательной сфере в условиях экономического упадка Бельгии, отказа от влияния церкви, решения вопросов повышения уровня образованности населения.* В конце XIX в. – начале XX в. снова возникает проблема необразованности населения, обеспечения доступа к образованию детей разного социального статуса. В феврале 1914 г. правительством Бельгии был принят закон об обязательном начальном образовании населения, и в начале XX в. было введено обязательное среднее образование.

Бельгия пострадала во время Первой мировой войны, которую в этой стране

до сих пор называют «Великой войной». Реконструкция предприятий, а также выплата пенсий ветеранам и компенсаций за ущерб потребовали больших финансовых средств, а попытка получить их за счет эмиссии привела к высокому уровню инфляции. Послевоенные годы характеризуются обострением сразу нескольких политических проблем: династической, борьбой между церковью и государством за влияние на школьное образование, ростом национально-освободительного движения в Конго и ожесточенной войной на лингвистической почве между фламандской и французской общинами [7].

В целом высшее образование в Бельгии находилось в состоянии определенной стагнации вплоть до середины 60-х гг. [5].

*Третий период (1958-1998 гг.) – период превалирования идеологии «многоязычной реальности» в системе профессионального образования и децентрализации управления образованием, формирование трех культурных сообществ с автономными системами образования.* Контроль над образованием всегда был политически чувствительным вопросом, о чем свидетельствует вопрос о масштабах религиозного вмешательства в образование, этот вопрос не был урегулирован в 1958 г. В то время продолжалась длительная политическая жизнь. Компромисс был достигнут с так называемым школьным пактом, который охватывает всю образовательную систему. Компромисс подтверждает в законе свободу выбора между религиозным и светским образованием и обязанность государства поддерживать этот вариант. В течение 25 лет после заключения школьного пакта 1958 г. профессия преподавателя пользовалась уважением, особенно на уровне среднего и высшего образования. Преподаватели старшей ступени среднего образования обладали элитным социальным статусом и имели относительно высокую заработную плату.

В 1963 г. в качестве официальных были признаны три языка: голландский, французский и немецкий (язык немецкого меньшинства, проживающего в восточной части Валлонии, которая отошла к Бельгии после поражения Германии в Первой мировой войне) [8].

Бельгийские педагоги столкнулись с новыми вызовами Европейского союза. В этот период председательства Нидерландов в Европейском сообществе подготовке учителей уделялось особое внимание. Заключен Договор о Европейском союзе (Маастрихтский договор 1992 г., *The Treaty on European Union, The Maastricht Treaty, 1992*), в котором содержалось конкретное положение об общей политике в области

профессионального обучения. В статье 127 указано, что «сообщество должно содействовать развитию качественного образования, при полном уважении ответственности государств-членов за содержание преподавания и организации систем образования и их культурное и языковое разнообразие». В статье 126 значится «поощрение мобильности студентов и преподавателей, развитие молодежных обменов и обменов преподавателями социально-педагогического образования, и развитие дистанционного образования» [9].

Деятельность педагога регламентируется определенными региональными требованиями: наличие необходимых квалификационных умений и навыков для педагогической деятельности, квалификации считаются достаточными для работы с обучающимися и надлежащий уровень владения иностранным языком [10].

В результате конституционной реформы с 1993 г. Бельгия, как федерация, является объединением трех административных регионов: Брюссельского, Валлонского и Фламандского, и имеет в своем составе три культурных сообщества: фламандскоязычное, франкоязычное и немецкоязычное.

*Четвертый период (1999–2018 гг.) – «болонизация» и развитие системы профессионального педагогического образования в контексте европейской повестки.* Начало нового тысячелетия ознаменовалось во всех странах Европы волной реформ профессиональной подготовки учителя. Одним из важных шагов в развитии европейского сотрудничества в области высшего образования в последнее десятилетие XX в. стала Болонская декларация, принятие которой дало старт процессу сближения и гармонизации систем высшего образования стран Европы с целью создания единого европейского пространства [11]. С 2004-2005 академического года высшие учебные заведения и университеты Бельгии ввели систему «бакалавр-магистр».

В декабре 2006 г. парламент Бельгии опубликовал Декрет об образовании учителей (*Decree on Teacher Education*), в котором были определены изменения, необходимые для повышения уровня техно-педагогической компетентности будущих учителей, а именно: включение ИКТ-компетентности в базовые компетенции учителя; реорганизация учебных планов в сторону уменьшения количества учебных предметов и увеличения времени на формирование ИКТ-навыков [12]. Кроме того, в мае 2007 г. Министерство занятости, образования и профессионального образования фламандского сообщества (*Flemish Ministry*

of Employment, Education and Training) разработало план «Компетенции для общества знаний, 2007–2009» (*Competencies for the Knowledge Society, 2007–2009*), указав на необходимость поддержки развития ИКТ-компетентности учителей и определив приоритеты в этом направлении [13].

Постановлением Министерства образования и профессиональной подготовки фламандского сообщества Бельгии «О качестве образования» (2009) (*Decreet betreffende de kwaliteit van onderwijs*) школа определена одним из основных участников процесса обеспечения качества образовательных услуг [11]. Политика децентрализации школьного образования предусматривает признание школы основным ответственным лицом, которое должно обеспечить качество образования.

Вследствие того что фламандский парламент ратифицировал Конвенцию ООН о правах инвалидов в 2009 г., фламандское сообщество юридически закрепило право обучающихся с особыми образовательными потребностями, допуская к поступлению на тех же условиях, что и остальные, приняв М-Декрет (*M-Decree*) в 2014 г. [11].

В 2015 и 2016 гг. фламандским парламентом был принят ряд специальных мер по усилению интеграции беженцев в систему образования, в том числе новые инициативы по финансированию языковой поддержки в дошкольных учреждениях, увеличение ресурсов на прием в классы средней школы и дальнейшая поддержка ранее существующих мер, таких как лингвистическая интеграция взрослых и Национальный центр академического признания (*National Academic Recognition Centre (NARIC)*) для признания квалификации беженцев [11].

С середины 2016–2017 учебного года начала действовать новая обязательная программа приема и поддержки учителей во французском сообществе, включающая собеседование с руководителем школы, знакомство с другими сотрудниками и разъяснение педагогических подходов и стратегии школы, а также рабочих норм и условий труда [11].

Заявленный в недавнее время Пакт о превосходстве в обучении (*The Pact for Excellence in Teaching*) имеет пять стратегических целей [11]: научить знаниям и навыкам, необходимым для общества в XXI веке; мобилизовать заинтересованные стороны в сфере образования в рамках школьной автономии; сделать профессиональный путь «лучшей практикой» передового опыта; содействовать инклюзивному образованию и усилению борьбы со школьной неуспева-

емостью и дальнейшим «отсевом» обучающихся; обеспечить благополучие каждого ребенка в качественной школе, отдавая предпочтение демократической школе.

*Пятый период (с 2019 г. – по настоящее время) – период реформирования педагогического образования – продление срока получения квалификации учителя (до 4 лет), наличие степени магистра.* Обзор курсов по подготовке учителей в университетских колледжах и университетах, которые стартовали в 2019–2020 учебном году после введения ряда преобразований, позволяет сделать вывод от том, что студентам с квалификацией бакалавра или магистра, а также слушателям после прохождения ускоренных курсов высшего образования будет предоставлена возможность начать свою профессиональную карьеру в качестве преподавателя.

В 2019 г. в Бельгии вопросы по реформированию профессиональной подготовки учителей были включены в повестку текста закона, утвержденного парламентом Французского сообщества, который предусматривает глубокую реформу подготовки учителей. Реформа, утвержденная в 2019 г., направлена на развитие профессии, привлечение новых студентов и повышение профессионального уровня подготовки. Состоит из четырех основных направлений [14]: усилить обучение за счет увеличения продолжительности обучения; гармонизировать содержание обучения, уделяя особое внимание практической подготовке будущих учителей, обучающихся в университете, и путем интенсификации исследовательской подготовки студентов; обеспечить преемственность уровней образования и тем самым содействовать переходу от детского сада к начальному, от начального к среднему образованию. Французское сообщество, мотивированное желанием повысить уровень квалификации учителей, сделало выбор в пользу оригинального компромисса, внедрив систему двойного диплома между высшими школами педагогики (ВШП) и университетами. Теперь каждый из действующих центров должен будет сотрудничать с другими. В связи с тем что существует меньше университетов, чем высших школ, каждый вуз, в зависимости от случая, будет привлекаться к работе с тремя-шестью различными ВШП.

В 2020 г. во Фландрии началась кампания в поддержку учителей под названием «Стань настоящим лидером» (*Become a Real Influencer-Campaign*) [15]. Цель этой кампании – привлечь внимание к профессии учителя. Наиболее важной целевой группой являются учащиеся последнего года обучения

в средней школе, которые в свою очередь стоят перед непростым выбором будущей профессии. Таким образом, упомянутая выше программа запускает процесс профориентации в Бельгии, а также все более важной целевой группой становятся специалисты, которые хотят переориентировать свою карьеру.

Таким образом, согласно исследованию ретроспективы становления и развития системы профессиональной подготовки учителя в Бельгии, можно сделать вывод о том, что теория и практика профессионального образования основываются на давних многонациональных, уходящих далеко в историю, традициях и напрямую зависят от государственной и социально-экономической политики в сфере образования. Нами выделены следующие тенденции развития системы профессионального педагогического образования в Бельгии: усиление автономии системы педагогического образования каждого из трех языковых регионов; фундаментализация педагогического образования; обеспечение непрерывного педагогического образования; внедрение информационно-коммуникационных технологий в программы подготовки и переподготовки учителей; обеспечение качества подготовки учителей; повышение статуса педагога.

#### Список литературы

1. Закаулова Ю.В. Предпосылки становления современной системы профессионального образования в Бельгии // Инновации и современные технологии в системе образования: материалы международной научно-практической конференции: Научно-издательский центр «Социосфера», 2011. С. 21–24.
2. Ускова Б.А. Особенности общепедагогической подготовки преподавателей профессиональной школы в системе высшего образования Бельгии и Нидерландов: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2000. 22 с.
3. Процько Е.С. Профессиональная подготовка учителей английского языка в Бельгии: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Кировоград, 2016. 20 с. (на укр. яз.).
4. Закаулова Ю.В. Развитие системы профессионального образования Бельгии в условиях евроинтеграции: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Львов, 2021. 20 с. (на укр. яз.).
5. Бельгия Своеобразие и особенности становления высшей школы. [Электронный ресурс]. URL: [http://ecsoc-man.hse.ru/data/936/669/1219/sistemy\\_vo\\_ch1\\_4-Belgiya.pdf](http://ecsoc-man.hse.ru/data/936/669/1219/sistemy_vo_ch1_4-Belgiya.pdf) (дата обращения: 11.10.2020)
6. Pieter D. Teacher training inside or outside the university: the Belgian compromise (1815–1890). *Paedagogica Historica: International Journal of the History of Education*. 2015. Vol. 44. No. 5. P. 587–605.
7. Энциклопедия Кольера. Бельгия. История. [Электронный ресурс]. URL: <http://niv.ru/doc/encyclopedia/collier/articles/55/belgiya-istoriya.htm> (дата обращения: 25.12.2020).
8. Гураль С.К., Смокотин В.М. Вопросы национальной и этнокультурной идентичности языковых сообществ Бельгии в условиях нестабильного многоязычия // *Язык и культура*. 2010. С. 5–11.
9. Дераеде М. Demythologizing the Educational Past: an endless task in history of education. *Historical Studies in Education*. 1997. Vol. 9 (2). P. 208–223.
10. Яценко Г.С. Особенности организации профессиональной подготовки педагогических кадров в системе высшего профессионального образования Бельгии // *Историческая и социально-образовательная мысль*. 2014. № 4 (26). С. 173–176.
11. Education and Training Monitor Belgium. 2018. [Electronic resource]. URL: [https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library-docs/et-monitor-report-2018-belgium\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/education/sites/education/files/document-library-docs/et-monitor-report-2018-belgium_en.pdf) (date of access: 25.12.2020).
12. Rizza C. ICT and Initial Teacher Education: National Policies – OECD Education Working Papers, No. 61, OECD Publishing, 2011. DOI: 10.1787/5kg57kij5hs8-en.
13. Vandenbroucke F. Competencies for the Knowledge Society. [Electronic resource]. URL: [http://www.ond.vlaanderen.be/ict/english/competencies\\_knowledge\\_society.pdf](http://www.ond.vlaanderen.be/ict/english/competencies_knowledge_society.pdf) (date of access: 25.12.2020).
14. Décret définissant la formation initiale des enseignants. [Electronic resource]. URL: <https://web.umons.ac.be/app/uploads/sites/42/2019/11/Decret-RFIE.pdf> (date of access: 25.12.2020).
15. Colognesi S., Van Nieuwenhove, C., Beusaert, S. Supporting the professional development of newly-qualified teachers in secondary education: On the role of feedback, information and help exchange. *European Journal of Teacher Education*. 2020. P. 258–276.