СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 10, 2018

ISSN 1812–7320

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,858
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,391

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,858.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,391.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 17.10.2018
Дата выхода номера – 17.11.2018

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

Техническая редакция и верстка
Байгузова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 30,38
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/10
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНКА УРОВНЯ СИГНАЛОВ НЕДОКОМПЕНСАЦИИ ЭХА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОРРЕЛЯЦИИ С ПЕРЕДАВАЕМЫМИ СИГНАЛАМИ
Абрамов С.С., Лебедянцев В.В., Павлов И.И., Абрамова Е.С. 9

РЕЦИКЛИНГ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ
Банникова А.С., Чепелева К.В., Пухова В.В. 14

РЕАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ПРИКЛАДНЫХ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ
Беднаж В.А., Иванова Н.А., Саланкова С.Е. 22

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ТРУБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ
Волкова С.В., Губарев А.В. 27

АРХИТЕКТУРА СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ СЦЕН МОБИЛЬНОГО РОБОТА
Каздорф С.Я., Першина Ж.С. 32

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОМБИНАЦИИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОКАТА СОРТОВОГО ГОРЯЧЕКАТАНОГО КРУГЛОГО
Калинина А.В., Дворянинова О.П., Клейменова Н.Л., Назина Л.И., Орловцева О.А. 38

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗ ПОЗИЦИОННОГО КОДА В МОДУЛЯРНЫЙ КОД ДЛЯ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА
Калмыков М.И., Степанова Е.П., Ефременков И.Д., Ефимович А.В., Калмыков И.А., Тынчеров К.Т. 44

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ
Кобрунов А.И., Дорогобед А.Н., Кожевникова П.В. 50

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТОРГОВАЯ СИСТЕМА В КЛИЕНТСКОМ ТЕРМИНАЛЕ METATRADER 5
Кондратьева Т.Н., Развеева И.Ф. 56

МЕТОД УСКОРЕННОГО УМНОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
Коржавина А.С., Князьков В.С. 60

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМ АЛГОРИТМОВ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОИСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ
Корнеев А.М., Бузина О.П., Суханов А.В. 65

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТКАНИ (БАТАННЫХ МЕХАНИЗМОВ) В ТКАЦКИХ СТАНКАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
Максимов А.А., Тувин А.А., Аллямов Р.Р. 71

АПРИОРНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
Меркухин Е.Н. 77

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ УГЛЯ
Москаленко Т.В., Михеев В.А., Ворсина Е.В. 82

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ
Остроух Е.Н., Требухин А.В., Чернышев Ю.А., Панасенко П.А. 87

МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕНЕРАЦИИ ПРОГРАММНОГО С-КОДА ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ ИЗ МОДЕЛИ MATLAB/SIMULINK
Оськин Д.А., Громашева О.С., Дьяченко М.Е. 92

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВОСПИТАНИЯ РОБОТОВ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ
Пенский О.Г., Ощепкова Н.В. 98

МЕТОД НОРМИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ
Радыгин А.Б., Сердюк А.И., Сергеев А.И. 103

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОТЛОАГРЕГАТЕ ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Сабитов М.А., Ведерникова Ю.А., Спасибов В.М. 109

УСТРОЙСТВО ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ДОМАШНЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ
Салкин Д.А., Душутин С.С. 113

ВЫВОД СЛЕДСТВИЙ С ПОСТРОЕНИЕМ СХЕМЫ ВЫВОДА ИЗ НОВЫХ ФАКТОВ ПРИ НЕ ПОЛНОСТЬЮ ОПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЕ ЗНАНИЙ
Симонов А.И., Страбыкин Д.А. 120

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ
Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. 126

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД
Трифонов Г.И., Поленов В.С., Жачкин С.Ю. 131

МОДЕЛИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА
Укуев Б.Т. 137

МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ
Уланов Е.А., Горшков К.А., Никитин О.Р. 142

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ МЕДИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Цыганов С.Н. 148

ОРГАНИЗАЦИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА
Черников Б.В., Попов А.А. 154

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА (ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ)
Юдин С.В., Протасьев В.Б., Подкопаев Р.Ю., Юдин А.С. 161

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

ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ: КОНСТАТИРУЮЩИЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ
Абрамовских Е.А. 166

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНО УСТАНОВЛЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ПО НАПРАВЛЕНИЮ 45.03.02. «ЛИНГВИСТИКА»
Баранова Т.А., Володарская Е.Б. *171*

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ПОДРОСТКОВ СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Гайфуллина А.З., Гильманшина С.И. *176*

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ УЧАЩИХСЯ НА СОВРЕМЕННОМ УРОКЕ МАТЕМАТИКИ
Дорофеев С.Н., Журавлева О.Н., Рыбина Т.М., Сарванова Ж.А. *181*

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ, ДОКУМЕНТАЦИОННОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АТТЕСТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАК ФУНДАМЕНТ ОБЪЕКТИВИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ НАД ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ
Жданов А.И., Юргелас И.В., Корж Е.В., Юргелас Ю.Н., Фролов Р.Н., Алимкина Ю.Н. *186*

ПРИМЕНЕНИЕ OLAP-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
Корчемкина Ю.В., Белоусова Н.А., Мальцев В.П. *196*

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ТВОРЧЕСТВУ В ОБЛАСТИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ
Курзаева Л.В., Белобородов Е.А., Чернов Е.В., Лактионова Ю.С. *201*

КОНСТРУКТИВНО-ПРОЕКТИРОВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧИТЕЛЯ МУЗЫКИ: АНАЛИЗ МУЗЫКАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Мавродина Ю.Н. *207*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОФИЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССАХ
Мерзлякова Д.Р., Мирошниченко А.А. *211*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УЧЕБНЫХ ПРОЕКТАХ БАКАЛАВРОВ ПО ПРОФИЛЬНЫМ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ
Нигматулин Р.М., Вагина М.Ю. *216*

РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЛИЧНОСТНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТУДЕНТОВ ВУЗА С ПОЗИЦИЙ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА
Суворова Е.В., Козько Н.А. *221*

ИННОВАЦИОННАЯ ПЕДАГОГИКА – ОСНОВА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ЭФФЕКТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Червякова Л.Д., Пономаренко Е.Б. *227*

ИДЕИ РАЗВИВАЮЩЕГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ИСТОРИКО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ
Чернобровкин В.А., Пустовойтова О.В., Сунагатуллина И.И., Кувшинова И.А. *234*

МЕХАНИЗМЫ РЕЧИ ШКОЛЬНИКОВ
Юртаев С.В. *239*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

DETECTION AND EVALUATION OF LEVEL OF SIGNALS OF NON-COMPETITION ECHA IN USING CORRELATION WITH TRANSMITTED SIGNALS
Abramov S.S., Lebedyantsev V.V., Pavlov I.I., Abramova E.S. 9

RECYCLING IN CONSTRUCTION: PROBLEMS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT IN THE EASTERN SIBERIA TERRITORY
Bannikova A.S., Chepeleva K.V., Pukhova V.V. 14

IMPLEMENTATION OF MODERN CONCEPTUAL MODEL OF THE RESEARCH TASKS IN THE FIELD OF APPLIED INTERNET TECHNOLOGIES
Bednazh V.A., Ivanova N.A., Salankova S.E. 22

THE CHALLENGES OF IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION CONCEPT IN THE PIPING INDUSTRY AND WAYS OF THEIR DECISION
Volkova S.V., Gubarev A.V. 27

ARCHITECTURE OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR SCENES CLASSIFICATION BY MOBILE ROBOT
Kazdorf S.Ya., Pershina Zh.S. 32

JUSTIFICATION OF THE SELECTION OF THE COMBINATION OF QUALITY MANAGEMENT METHODS IN THE PRODUCTION OF A GRADE SORT
Kalinina A.V., Dvoryaninova O.P., Kleymenova N.L., Nazina L.I., Orlovtseva O.A. 38

IMPLEMENTATION OF ALGORITHMS FOR PERFORMING DIRECT CONVERSION OF THE POSITIONAL CODE INTO MODULAR CODE FOR THE AUTHENTICATION SYSTEM OF THE SPACECRAFT
Kalmykov M.I., Stepanova E.P., Efremenkov I.D., Efimovich A.V., Kalmykov I.A., Tyncherov K.T. 44

MATHEMATICAL MODELING OF FUZZY PETROPHYSICAL DEPENDENCIES
Kobrunov A.I., Dorogobed A.N., Kozhevnikova P.V. 50

AUTOMATIC TRADING SYSTEM IN THE METATRADER 5 CLIENT TERMINAL
Kondrateva T.N., Razveeva I.F. 56

FAST MULTIPLICATION IN RESIDUE NUMBER SYSTEMS USING INTERVAL LOGARITHMIC CHARACTERISTIC
Korzhavina A.S., Knyazkov V.S. 60

OPTIMIZATION OF SCHEMES OF STOCHASTIC SEARCH ALGORITHMS WITH USE OF FUEL MANAGEMENT METHODS
Korneev A.M., Buzina O.P., Sukhanov A.V. 65

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EXISTING DESIGNS FABRIC FORMATION MECHANISMS (BATANNY MECHANISMS) IN WEAVING LOOMS OF A SPECIAL PURPOSE
Maksimov A.A., Tuvin A.A., Allyamov R.R. 71

A PRIORI CRITERIA OF EVALUATION EFFECTIVENESS OPTIMIZATION OF THERMAL MODE BY THE RATIONAL PLACEMENT OF ELECTRONIC ELEMENTS
Merkukhin E.N. 77

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATION OF MOLECULAR MASS OF COAL
Moskalenko T.V., Mikheev V.A., Vorsina E.V. 82

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE HYBRID ALGORITHM FOR SOLVING NONLINEAR OPTIMIZATION PROBLEMS
Ostroukh E.N., Trebukhin A.V., Chernyshev Yu.A., Panasenko P.A. 87

MODEL-ORIENTED APPROACH FOR THE AUTOMATION OF THE SOFTWARE C-CODE GENERATION FOR EMBEDDED SYSTEMS USUNG MATLAB / SIMULINK MODEL
Oskin D.A., Gromasheva O.S., Dyachenko M.E. 92

MATHEMATICAL MODELS OF EDUCATION OF ROBOTS WITH MEANS OF MASS MEDIA
Penskiy O.G., Oschepkova N.V. 98

METHOD OF RATIONING EQUIPMENT RELIABILITY WHEN DESIGNING FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS
Radygin A.B., Serdyuk A.I., Sergeev A.I. 103

SIMULATION FOR ANALYSIS OF THERMAL PROCESSES IN THE BOILER UNIT
Sabitov M.A., Vedernikova Yu.A., Spasibov V.M. 109

DEVICE FOR REMOTE CONTROL AND CONTROL FOR HOME AUTOMATION SYSTEMS
Salkin D.A., Dushutin S.S. 113

CONSEQUENCES INFERENCE METHOD WITH CONSTRUCTION THE SCHEME FROM NEW FACTS IN CASE OF AN INCOMPLETE KNOWLEDGE BASE
Simonov A.I., Strabykin D.A. 120

DEVELOPMENT OF A BATCH COMPOSITION TO OBTAIN A HEAT-RESISTANT CERAMIC
Torlova A.S., Vitkalova I.A., Pikalov E.S., Selivanov O.G. 126

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES PLASMA SPRAY COATINGS THREE-COMPONENT ENVIRONMENTS
Trifonov G.I., Polenov V.S., Zhachkin S.Yu. 131

MODELS OF THE INTEGRATED INFORMATION ENVIRONMENT OF TECHNICAL UNIVERSITY
Ukuev B.T. 137

MODEL OF THE REGIONAL INFOCOMMUNICATION NETWORK OF TELE-MEDICINE
Ulanov E.A., Gorshkov K.A., Nikitin O.R. 142

DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED MEDICAL-ECONOMIC FRAMEWORK FOR MANAGEMENT OF ECONOMIC ACTIVITY OF HEALTH CARE ORGANIZATIONS
Tsyganov S.N. 148

ORGANIZATION OF A COMMON INFORMATION SPACE FOR HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE REGION
Chernikov B.V., Popov A.A. 154

METHODOLOGY OF STATISTICAL ACCEPTANCE CONTROL BASED ON THE BAYES APPROACH (HYPERGEOMETRIC DISTRIBUTION)
Ydin S.V., Protasev V.B., Podkopaev R.Yu., Yudin A.S. 161

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

PATRIOTIC EDUCATION IN THE TEACHING OF MATHEMATICS: SUMMATIVE PHASE OF THE STUDY
Abramovskikh E.A. 166

DESIGN OF PROFESSIONAL COMPETENCES FOR THE ESTABLISHED EDUCATIONAL STANDARD WITHIN 45.03.02. «LINGUISTICS» STUDY PROGRAM
Baranova T.A., Volodarskya E.B. 171

PEDAGOGICAL CONDITIONS OF FORMING ECOLOGICAL-CHEMICAL CULTURE OF ADOLESCENTS BY MEANS OF INFORMATION TECHNOLOGY
Gayfullina A.Z., Gilmanshina S.I. 176

FORMATION OF RESEARCH COMPETENCES OF STUDENTS
AT MODERN LESSON OF MATHEMATICS
Dorofeev S.N., Zhuravleva O.N., Rybina T.M., Sarvanova Zh.A. *181*

LEGAL AND REGULATORY, DOCUMENT AND TECHNICAL
SUPPORT OF THE ATTESTATION SYSTEM AS THE FOUNDATION
OF THE OBJECTIVISTIC CONTROL OVER THE EDUCATIONAL PROCESS
Zhdanov A.I., Yurgelas I.V., Korzh E.V., Yurgelas Yu.N., Frolov R.N., Alimkina I.N. *186*

APPLICATION OF OLAP-TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION
AND IMPLEMENTATION OF INDIVIDUAL TRAJECTORY OF TRAINING
Korchemkina Yu.V., Belousova N.A., Maltsev V.P. *196*

METHODICAL ASPECTS OF THE READINESS TO SCIENTIFIC
TECHNICAL ARTICLES IN AUGMENTED REALITY AREA
OF FUTURE TEACHERS OF COMPUTER SCIENCE FORMING
Kurzaeva L.V., Beloborodov E.A., Chernov E.V., Laktionova Yu.S. *201*

CONSTRUCTION AND DESIGN THE ACTIVITIES OF THE MUSIC TEACHER:
ANALYSIS OF MUSICAL-PEDAGOGICAL RESEARCH
Mavrodina Yu.N. *207*

DEVELOPMENT OF THE METHODS OF STUDY OF SCHOOLCHILDREN
IN PROFILE ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL CLASSES
Merzlyakova D.R., Miroshnichenko A.A. *211*

MATHEMATICAL MODELING IN BACHELOR TRAINING PROJECTS
ON PROFILE MATHEMATICAL DISCIPLINES
Nigmatulin R.M., Vagina M.Yu. *216*

THE DEVELOPMENT OF THE PROFESSIONAL PERSONAL POTENTIAL
FROM THE PERSPECTIVES OF THE SYNERGETIC APPROACH
Suvorova E.V., Kozko N.A. *221*

INNOVATIVE PEDAGOGY – IS THE BASIS FOR LIFE-LONG EDUCATION
Chervyakova L.D., Ponomarenko E.B. *227*

THE IDEA OF DEVELOPING EDUCATION IN THE SYSTEM OF MODERN
PRESCHOOL EDUCATION: A HISTORICAL-PEDAGOGICAL ASPECT
Chernobrovkin V.A., Pustovoytova O.V., Sunagatullina I.I., Kuvshinova I.A. *234*

THE MECHANISMS OF THE SPEECH OF SCHOOLBOYS
Yurtaev S.V. *239*

УДК 621.396.41:621.391.826

ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНКА УРОВНЯ СИГНАЛОВ НЕДОКОМПЕНСАЦИИ ЭХА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОРРЕЛЯЦИИ С ПЕРЕДАВАЕМЫМИ СИГНАЛАМИ

Абрамов С.С., Лебедянцев В.В., Павлов И.И., Абрамова Е.С.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Новосибирск, e-mail: abramov@sibsutis.ru

Разработка методов и устройств инвариантной адаптивной эхокомпенсации в дуплексных системах связи является, безусловно, актуальной задачей современной науки и техники. Связано это с тем, что современные системы связи в большинстве случаев являются дуплексными, а для них существует проблема подавления электрического эха, решаемая применением эхозаградителей, эхокомпенсаторов и т.п. Известные схемы эхокомпенсаторов основаны на применении трансверсальных фильтров и табличных методов записи эхосигналов в память и имеют ряд недостатков, связанных в первую очередь со сложностью реализации. Для их упрощения были предложены инвариантные эхокомпенсаторы, в которых используется свойство неизменности соотношений между параметрами сигналов, несмотря на их искажения в канале связи. Однако известные инвариантные эхокомпенсаторы не обладают свойствами адаптивности, что не позволяет использовать их в реальных системах связи с изменяемыми во времени параметрами эхотракта. Помимо отсутствия эффективных методов адаптивной инвариантной эхокомпенсации, не разработана и общая теория дуплексных систем передачи сообщений. Целью данной работы является повышение точности компенсации эхосигналов, вносимых собственным передатчиком в принимаемый сигнал, при разбалансировке дифференциальной системы и воздействии помех. Для этого предлагается ввести в схему адаптивного инвариантного эхокомпенсатора дополнительные блоки, которые обнаруживают, вычисляют и устраняют эхосигналы, возникающие вследствие разбалансировки дифференциальной системы и воздействии помех, с большей точностью по сравнению с известными вариантами схем. Результаты исследования доказали, что разработанное устройство обнаруживает, вычисляет и устраняет возникающие из-за разбалансировки дифференциальной системы эхосигналы, благодаря их сходству с передаваемыми сигналами, а повышение точности эхокомпенсации обеспечивается за счет замены процедуры деления суммы принимаемых сигналов, помехи и эхосигналов на передаваемые сигналы на процедуру вычисления величины корреляции этой суммы с передаваемыми сигналами. Таким образом, разработанная схема реализует способ адаптации инвариантного эхокомпенсатора, который позволяет компенсировать эхосигналы в условиях воздействия помех с большой точностью по сравнению с существующими.

Ключевые слова: эхокомпенсатор, дуплексный канал, недокомпенсация эха, эхотракт, корреляция

DETECTION AND EVALUATION OF LEVEL OF SIGNALS OF NON-COMPETITION ECHA IN USING CORRELATION WITH TRANSMITTED SIGNALS

Abramov S.S., Lebedyantsev V.V., Pavlov I.I., Abramova E.S.

Siberian State University of Telecommunications and Informatics Sciences, Novosibirsk, e-mail: abramov@sibsutis.ru

The development of methods and devices of invariant adaptive echo cancellation in duplex communication systems is, of course, an urgent task of modern science and technology. This is due to the fact that modern communication systems are in most cases duplex, and for them there is a problem of suppressing the electrical echo, solved by the use of echoes, echo cancers, etc. Known schemes of echo cancers are based on the use of transversal filters and tabular methods of recording echoes into memory and are glad of the shortcomings associated, first of all, with the complexity of implementation. To simplify them, invariant echo cancellators were proposed, in which the property of invariance of the relationships between signal parameters is used, despite their distortions in the communication channel. However, known invariant echo cancers do not have adaptive properties, which makes it impossible to use them in real communication systems with time-varying echo-trap parameters. In addition to the lack of effective methods of adaptive invariant echo cancellation, the general theory of duplex message transmission systems has not been developed. The aim of this work is to improve the accuracy of echo signal compensation introduced by the transmitter into the received signal, when the differential system is unbalanced and the effects of interference. For this purpose, it is proposed to introduce additional blocks into the scheme of the adaptive invariant echo canopy that detect, calculate and eliminate echoes resulting from the imbalance of the differential system and the interference effect, with greater accuracy in comparison with the known schemes. The results of the research proved that the developed device detects, computes and eliminates echo signals due to the imbalance of the differential system, due to their similarity to the transmitted signals, and an increase in the accuracy of echo cancellation is provided by replacing the procedure for dividing the sum of the received signals, interference and echoes into transmitted signals by the procedure calculating the correlation value of this sum with the transmitted signals. Thus, the developed scheme, realizes the method of adaptation of the invariant echo canceller, which makes it possible to compensate for echoes in the conditions of interference with a high accuracy in comparison with the existing ones.

Keywords: echo canceller, duplex channel, undercompensation of the echo, echotract, correlation

Современные высокоскоростные распределенные системы передачи информации требуют возрастающей пропускной способности подсистемы передачи как пользовательской, так и служебной информации, причем в цифровой форме и в полнодуплексном режиме. Такая форма информационного обмена предполагает одновременную передачу цифровых сигналов через один и тот же физический канал связи

в обоих направлениях в реальном масштабе времени [1–3]. И это является самой ресурсосберегающей и оправданной с экономической точки зрения основой увеличения пропускной способности распределительной сети между управляющей подсистемой и объектами управления [4].

Это позволяет обеспечить ощутимую экономию затрат на линейные сооружения, но связано с применением как аппаратного, так и вычислительного ресурса всей системы на организацию дуплексного режима передачи управляющих сигналов. Реализация дуплексного информационного обмена связана с необходимостью подавления сигналов собственного передатчика на входе приемного устройства и предполагает наличие механизма эхокомпенсации с адаптацией к изменяющимся условиям передачи [5–7].

Разработанный эхокомпенсатор [8] использовал для работы отношения длин векторов передаваемых сигналов с одинаковыми формами.

Цель исследования: повышение точности компенсации эхосигналов, вносимых собственным передатчиком в принимаемый сигнал, при разбалансировке дифференциальной системы и воздействии помех.

Материалы и методы исследования

Известный инвариантный эхокомпенсатор обладает недостатком, это отсутствие адаптивности к изменениям параметров эхотракта, которые возникают при неправильной работе дифференциальной системы в результате изменения параметров канала связи. Выходной сигнал инвариантного эхокомпенсатора определяется по формуле

$$S_{\text{вых эк}}(t) = kS_{\text{пер}}(t) + S_{\text{пр}}(t),$$

где $S_{\text{пер}}(t)$ – передаваемый сигнал; $S_{\text{пр}}(t)$ – принимаемый сигнал; k – коэффициент передачи паразитного эхотракта; $kS_{\text{пер}}(t)$ – погрешность компенсирующего сигнала.

Реализация адаптивности к изменениям параметров эхотракта была представлена в полезной модели «Адаптивный инвариантный эхокомпенсатор [9]».

Адаптивность исследуемого эхокомпенсатора достигается за счет оценки коэффициента передачи паразитного эхотракта, а также расчета сигналов компенсации.

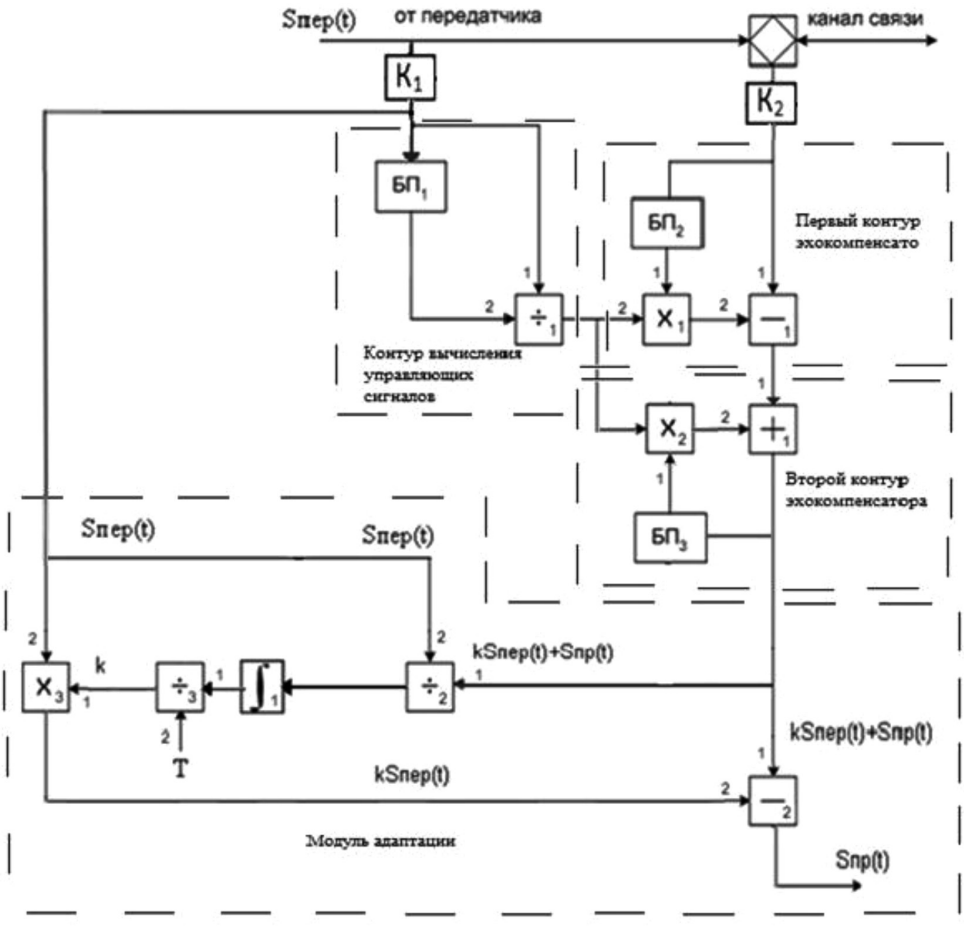


Рис. 1. Структурная схема адаптивного инвариантного эхокомпенсатора

Представленная структурная схема адаптивного инвариантного эхокомпенсатора (рис. 1) состоит из контуров управляющих сигналов, эхокомпенсации и модуля адаптации.

Для успешной работы этого устройства предполагается процесс обучения, в период которого встречные сигналы должны отсутствовать, а обучающий сигнал единичной амплитуды от передающего устройства записывается в первый блок памяти, а отклик эхотракта – во второй блок памяти.

Во время передачи сообщений отсчеты передаваемых сигналов через ключ $К_1$ поступают на вход первого блока памяти, где и хранятся в течение интервала дискретизации, и на первый вход делителя 1, который определяет управляющий сигнал, равный отношению двух временных отсчетов сигнала передатчика, передаваемых в данный и предыдущий моменты времени. За счет обладания свойств инвариантности – это сохранение величины такого же отношения для отсчетов эхосигнала на выходе дифференциальной системы, то есть на выходе паразитного эхотракта. Далее происходит умножение с помощью первого умножителя эха от предыдущего отсчета передаваемого сигнала, который хранится во 2 блоке памяти, на управляющий сигнал. В результате таких преобразований получилась величина эха от передаваемого в данный момент отсчета сигнала передатчика. При вычитании с помощью вычитателя 1 полученной таким образом величины эха из суммы реального эха и принимаемого сигнала и осуществляется компенсация эха первым контуром эхокомпенсатора.

В результате таких мероприятий первый контур, ликвидируя сигналы эха, также меняет структуру принимаемых сигналов. Для восстановления структуры принимаемых сигналов служит второй контур, который имеет зеркальную структуру, состоящую из первого сумматора, второго умножителя и третьего блока памяти.

При изменении частотно-временных характеристик канала связи после этапа обучения происходит разбалансировка дифференциальной системы, в результате чего во втором контуре возникают эхосигналы, повторяющие с точностью до неизвестного множителя k форму передаваемых сигналов. Для устранения возникших эхосигналов используется модуль адаптации, содержащий делитель 2, интегратор 1, делитель 3, умножитель 3 и вычитатель 2. В результате с помощью делителя 2, интегратора 1 и делителя 3 вычисляется оценка величины k

$$k = \frac{1}{T}\int_{t}^{t+T}\frac{S_{\text{вых эк}}(t)}{S_{\text{пер}}(t)}dt = \frac{1}{T}\int_{t}^{t+T}\frac{kS_{\text{пер}}(t)+S_{\text{пр}}(t)}{S_{\text{пер}}(t)}dt =$$

$$= k + \frac{1}{T}\int_{t}^{T+t}\frac{S_{\text{пр}}(t)}{S_{\text{пер}}(t)}dt, \qquad (1)$$

где T – интервал интегрирования.

При некоррелированности $S_{\text{пр}}(t)$ и $S_{\text{пер}}(t)$, что обеспечивается процедурами скремблирования сигналов на обеих сторонах системы связи, слагаемое в (1) будет вносить незначительную погрешность в оценку множителя k.

После определения k с помощью умножителя 3 происходит формирование компенсирующих эхосигналов $kS_{\text{пер}}(t)$, а далее во втором вычитателе будет происходить компенсация эхосигналов.

Наличие погрешности эхокомпенсации, вносимой помехами, поступающими на вход эхокомпенсатора из канала связи, является существенным недостатком этого инвариантного адаптивного эхокомпенсатора. Если в канале действует помеха типа белого шума со спектральной плотностью мощности G_0, то дисперсия погрешности оценки коэффициента передачи паразитного эхотракта, вносимая помехой, будет равна

$$D(\Delta k) = G_0 E_{0C}/T^2, \qquad (2)$$

где E_{0C} – энергия передаваемого сигнала.

$S_{\text{обр}}(t) = 1/S_{\text{пер}}(t)$, величина, вычисленная на интервале скользящего интегрирования длительностью T.

Результаты исследования и их обсуждение

Для достижения поставленной цели было разработано новое устройство. В схеме исследуемого эхокомпенсатора (рис. 1) были добавлены новые блоки (интегратор, квадратор), а также умножитель 4 заменен на делитель 2.

На рис. 2 изображена разработанная новая схема адаптивного инвариантного эхокомпенсатора с корреляцией.

Работа исследуемой схемы будет заключаться в следующим. В результате разбалансировки дифференциальной системы канала связи, а также при воздействии помехи $n(t)$, на выходе эхокомпенсатора, появится погрешность эхокомпенсации $\Delta S_{\text{эк}}(t)$:

$$\Delta S_{\text{эк}}(t) = kS_{\text{пер}}(t) + n(t),$$

где k – коэффициент передачи эхотракта,

При выполнении математических операций в модуле адаптации уменьшается погрешность эхокомпенсации $\Delta S_{\text{эк}}(t)$.

Произведем расчет значения корреляции $R(T)$ между передаваемым сигналом и выходным сигналом эхокомпенсатора $S_{\text{вых.эк}}(t) = \Delta S_{\text{эк}}(t) + S_{\text{пр}}(t) + n(t)$:

$$R(T) = \int_{t}^{t+T} S_{\text{вых. эк}}(t)S_{\text{пер}}(t)dt = \int_{t}^{t+T}[kS_{\text{пер}}(t)+n(t)+S_{\text{пр}}(t)]S_{\text{пер}}(t)dt =$$

$$= kE(T) + \int_{t}^{t+T} n(t)S_{\text{пер}}(t)dt + \int_{t}^{t+T} S_{\text{пр}}(t)S_{\text{пр}}(t)dt,$$

где $E(T) = \int_{t}^{t+T} S^2{}_{\text{пер}}(t)dt$ – энергия передаваемых сигналов.

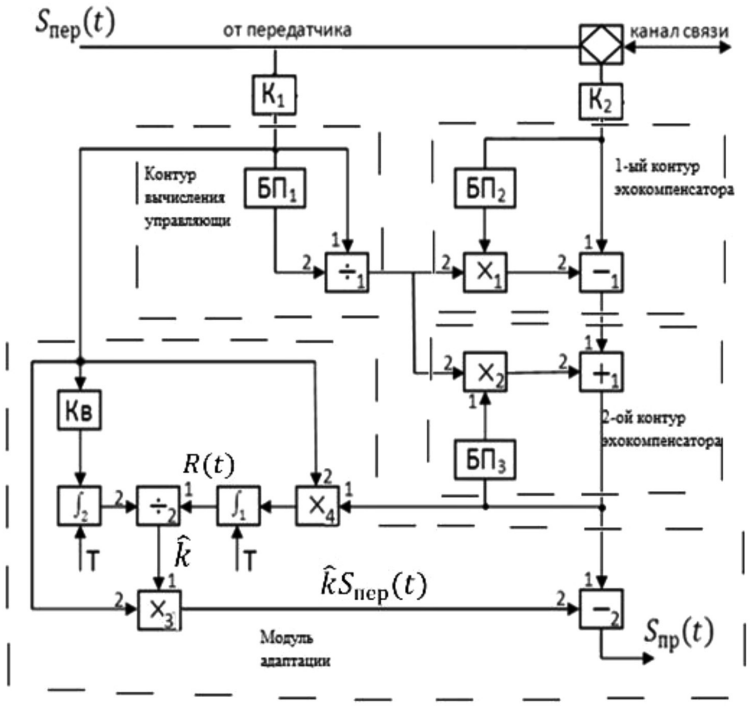


Рис. 2. Структурная схема адаптивного эхокомпенсатора с корреляцией

При отсутствии корреляции передаваемых и принимаемых сигналов последний интеграл будет равен нулю.

Для интервала скользящего интегрирования длительностью T с помощью квадратора Кв и интегратора 2 определим энергию $E(T)$.

Потом делителем 2 вычисляется оценка величины коэффициента передачи эхотракта $\hat{k}$:

$$\hat{k} = \frac{R(T)}{E(T)} = k + \frac{1}{E(T)} \int_{t}^{t+T} n(t) S_{пер}(t) dt = k + \Delta k.$$

В результате умножения коэффициента передачи $\hat{k}$ и передаваемого сигнала $S_{пер}(t)$, образуется копия сигналов погрешности эхокомпенсации $\hat{k}S_{пер}(t)$, при этом осуществляется компенсация эхосигналов на входе приемника системы.

Дисперсия погрешности будет равна

$$D'(\Delta k) = \frac{G_0}{E(T)}. \qquad (3)$$

Если допустить, что плотность вероятности величин отсчетов передаваемых сигналов внутри диапазона значений будет равномерной $-M \le S_{пер}(t) \le M$, где, ($-M \div M$ – динамический диапазон изменений отсчетов сигналов) и влиянии помехи типа белого шума, то выигрыш в точности вычисления оценки коэффициента передачи эхотракта в данной полезной модели по отношению к прототипу составит

$$B = \frac{D(\Delta k)}{D'(\Delta k)} = \frac{1}{3}\left(\frac{M}{\beta} - 1\right),$$

где β – значение отсчетов передаваемых сигналов.

Так при $\frac{M}{\beta} = 10^3$ выигрыш в точности эхокомпенсации составит

$$B = \frac{1}{3}\left(10^3 - 1\right) = 300.$$

Для проведения доказательства работоспособности и эффективности адаптивного инвариантного эхокомпенсатора (рис. 1), по отношению к адаптивному инвариантному эхокомпенсатору посредством деления сигналов контура 2 на передаваемые сигналы, с последующим интегрированием (рис. 2), была разработана модель работы двух эхокомпенсаторов при неправильной работе дифференциальной системы и влияния помех типа белый шум.

При оценке качества эхокомпенсации использовалась величина отношения мощностей на входе и выходе исследуемых устройств.

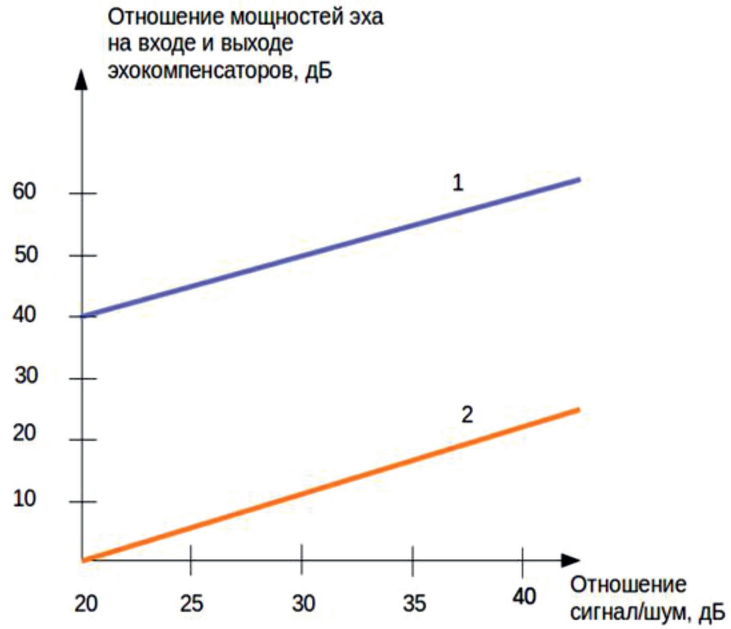


Рис. 3. График зависимости отношений сигнал-шум в канале при длительности интервала скользящего интегрирования: 1 – результаты исследования адаптивного инвариантного эхокомпенсатора с корреляцией, 2 – результаты исследования адаптивного инвариантного эхокомпенсатора (прототипа) [10]

Результаты эксперимента для различных отношений сигнал-шум в канале связи при длительности интервала скользящего интегрирования приведены на рис. 3.

Выводы

Результаты исследования доказали, что разработанное устройство обнаруживает, вычисляет и устраняет возникающие из-за разбалансировки дифференциальной системы эхосигналы, благодаря их сходству с передаваемыми сигналами. Повышение точности эхокомпенсации обеспечивается за счет замены процедуры деления суммы принимаемых сигналов, помехи и эхосигналов на передаваемые сигналы на процедуру вычисления величины корреляции этой суммы с передаваемыми сигналами, что доказывает ее помехоустойчивость и работоспособность.

Список литературы

1. Артюшенко В.М., Воловач В.И. Алгоритмы адаптивной нелинейной обработки сигналов блоками нелинейного преобразования дискриминаторов с прямой и обратной связью // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2018. № 3. Режим доступа: http://jre.cplire.ru/jre/mar18/10/text.pdf (дата обращения: 17.07.2018). DOI 10.30898/1684-1719.2018.3.3.

2. Корф К.С., Шаврин С.С. Оптимизация эхокомпенсатора для защищенных каналов // Вестник связи. 2014. № 7. С. 37–38.

3. Душин С.В., Шаврин С.С. Влияние параметрических изменений эхотракта на работу взаимокорреляционного эхокомпенсатора // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2011. Т. 5. № 8. С. 47–49.

4. Душин С.В., Шаврин С.С. Алгоритм адаптивной настройки механизмов эхокомпенсации по критерию минимальной корреляции виртуальных сигналов // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2017. Т. 17. № 4. С. 935–938.

5. Цыбулин М.К. Подавление электрического эха в телефонных каналах. М.: Радио и связь, 1990. 112 с.

6. Душин С., Коршунов В. Компенсационный принцип подавления эхосигналов // Первая миля. 2017. № 7 (68). С. 58–62.

7. Гордиенко В.Н., Шаврин С.С., Мусатова О.Ю. Оценка эффективности подавления эхосигналов // Вестник связи. 2014. № 2. С. 15–18.

8. Лебедянцев В.В. Разработка и исследование методов анализа и синтеза инвариантных систем связи: дис. ... докт. техн. наук: 05.16.02. Новосибирск, 1995. 378 с.

9. Абрамов С.С., Лебедянцев В.В., Морозов Е.В., Калачиков А.А. Адаптивный инвариантный эхокомпенсатор. Патент РФ на полезную модель № 148617. Заявитель и правообладатель ФГОБУ ВПО «СибГУТИ», зарег. 16.06.2014.

10. Абрамов С.С. Повышение помехозащищенности дуплексных систем на основе инвариантной адаптивной эхокомпенсации: дис. ... докт. техн. наук: 05.12.13. Новосибирск, 2016. 263 с.

УДК 691-4(571.5)

РЕЦИКЛИНГ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

[1]Банникова А.С., [2]Чепелева К.В., [1]Пухова В.В.

[1]ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: vvvetrova@yandex.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск, e-mail: kristychepeleva@mail.ru

Настоящая статья посвящена проблемам рециклинга в строительстве. Строительные отходы в России в основном подлежат захоронению на полигонах, что отрицательно сказывается на экологии и приводит к неоправданным потерям сырьевых ресурсов. В статье исследовано состояние строительного комплекса на территориях Восточной Сибири, рассмотрены процессы рециклинга и их содержание, представлен анализ существующих нормативных указаний, действующих в Российской Федерации, к сносу (демонтажу) зданий и сооружений и утилизации строительного мусора. Выделены основные проблемы переработки отходов строительства: недостаточное внимание к вопросам образования, способам переработки и захоронения строительного мусора, отсутствие научно обоснованных и утвержденных норм, определяющих объемы, процессы и продукты переработки отходов строительства, сложности в получении фактических и достоверных сведений о состоянии дел организаций, занимающихся переработкой строительных конструкций и материалов. Предложены пути решения проблем. На региональном уровне решение обозначенных проблем следует начинать со строительства заводов по переработке строительных материалов. Внедрение системы рециклинга позволит сохранить природный потенциал территорий Восточной Сибири, обеспечит возврат в товарный оборот ценных вторичных ресурсов, изменит установившуюся практику проектирования и строительства, повлияет на экологию, экономику территорий и на социальную жизнь в целом.

Ключевые слова: рециклинг, строительные отходы, строительные материалы, переработка, ресурсосбережение

RECYCLING IN CONSTRUCTION: PROBLEMS AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT IN THE EASTERN SIBERIA TERRITORY

[1]Bannikova A.S., [2]Chepeleva K.V., [1]Pukhova V.V.

[1]Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: vvvetrova@yandex.ru;
[2]Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, kristychepeleva@mail.ru

This article is devoted to problems of recycling in construction. Construction waste in Russia is mainly to be buried in landfills, which negatively affects the environment and leads to unjustified losses of raw materials. The article examines the state of the construction complex in the territories of Eastern Siberia, examines the recycling processes and their content, presents an analysis of existing regulations in the Russian Federation, the demolition of buildings and structures, and the disposal of construction debris. The main problems of processing construction waste are identified: insufficient attention to education, ways of processing and burial of construction debris, lack of scientifically substantiated and approved norms that determine the volumes, processes and products of construction waste recycling, the difficulty in obtaining actual and reliable information on the state of affairs of organizations engaged in processing of building structures and materials. Proposed ways to solve problems. At the regional level, the solution of these problems should begin with the construction of plants for the processing of building materials. The introduction of the recycling system will allow to preserve the natural potential of the territories of Eastern Siberia, ensure the return of valuable secondary resources to the commodity circulation, change the established practice of design and construction, affect the ecology, the economy of the territories and the social life in general.

Keywords: recycling, construction waste, building materials, processing, resource saving

Резкий рост потребления в последние десятилетия во всем мире привел к существенному увеличению объемов образования твердых бытовых и промышленных отходов (ТБ и ПО). Ежегодно в РФ образуется около 5–6 млрд т ТБ и ПО [1].

Строительные отходы сегодня составляют почти треть всех отходов, образующихся в большинстве развитых стран. По данным Росприроднадзора на 2016 г. образование отходов производства и потребления по виду экономической деятельности «Строительство» – 17,1 млн т и за последние 5 лет объемы их образования увеличиваются на 15–30 % [1].

В современных условиях основной объем строительных отходов образуется в результате выполнения разнообразных работ по капитальному ремонту (58,2 %) и реконструкции зданий и сооружений (36,9 %), а также при новом строительстве (1,4 %) и производстве строительных материалов и изделий в виде брака и некондиционных железобетонных изделий (3,5 %) [2].

Основным способом снижения количества строительных отходов является их переработка для дальнейшего использования. К 2020 г. в странах Евросоюза повторно должно использоваться не менее 70 % стро-

ительных отходов. В РФ в настоящее время перерабатывается около 5–10 % отходов строительства и сноса [2].

Исследование проблем рециклинга в строительстве вызвано следующими причинами.

Во-первых, твердые промышленные и бытовые отходы засоряют окружающий природный ландшафт, а также являются источником поступления вредных химических, биологических и биохимических веществ в окружающую среду, что создает угрозу здоровью и жизни населения, а также будущим поколениям.

Во-вторых, в условиях проектирования Стратегии развития территорий Восточной Сибири до 2030 г. и формирования отраслевых программ «Развитие строительной отрасли на 2020–2030 годы» важно скорректировать соответствие предлагаемых основных направлений развития отрасли приоритетным задачам территорий с учетом вызовов внешней среды и на основе рационального использования ресурсного потенциала регионов.

В-третьих, исследования, связанные со специфическими для Восточной Сибири особенностями развития строительного комплекса, ранее не проводились.

В этой связи основной целью исследования является анализ состояния и определение перспектив развития рециклинга в строительстве на территориях Восточной Сибири. Задачи, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели:

1) проанализировать ситуацию в строительном комплексе на территориях Восточной Сибири;

2) рассмотреть специфику переработки строительных материалов;

3) рассмотреть законодательную и нормативную базу РФ в области охраны окружающей среды и строительной деятельности;

4) предложить пути решения проблем переработки отходов строительства.

Состояние строительного комплекса на территориях Восточной Сибири

В Восточную Сибирь входят Красноярский край, Забайкальский край, Иркутская область, Бурятия, Тыва и Якутия. Площадь всей Восточной Сибири около 7,2 млн м^2. Основными проблемами в регионах являются развитие социально ориентированных сфер экономики, обоснованное освоение территорий и природных ресурсов, охрана окружающей среды, создание поселений с учетом экстремальности природных условий, обеспечивающих нормальные условия жизни населения.

Основной характеристикой развития строительного комплекса является показатель объема выполненных работ.

Таблица 1

Объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» в Красноярском крае [3]

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего (в фактически действовавших ценах), млрд руб.	24,6	31,5	47,3	65,0	78,6	87,3	107,5	133,6	135,5	133,5	185,7	201,7	176,3
процентов к предыдущему году (в сопоставимых ценах)	112,2	110,1	124,9	109,4	114,6	105,5	106,6	113,8	99,5	93,7	103,0	103,7	86,8

Таблица 2

Объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» в Иркутской области [4]

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего (в фактически действовавших ценах), млрд руб.	20,5	28,1	45,4	50,0	47,8	55,0	63,8	89,3	95,3	89,7	98,8	131,8	165,1
процентов к предыдущему году (в сопоставимых ценах)	120,4	122,4	131,4	83,3	88,1	110,9	107,4	129,6	100,5	90,7	76,7	129,6	113,8

Таблица 3

Объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» в Забайкальском крае [5]

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего (в фактически действовавших ценах), млрд руб.	7,2	10,1	17,8	25,5	23,5	17,7	20,5	23,0	24,9	24,4	25,6	28,7	29,7
процентов к предыдущему году (в сопоставимых ценах)	100,7	124,9	154,9	125,5	81,3	67,9	102,9	102,1	101,5	90,5	89,3	103,0	104,2

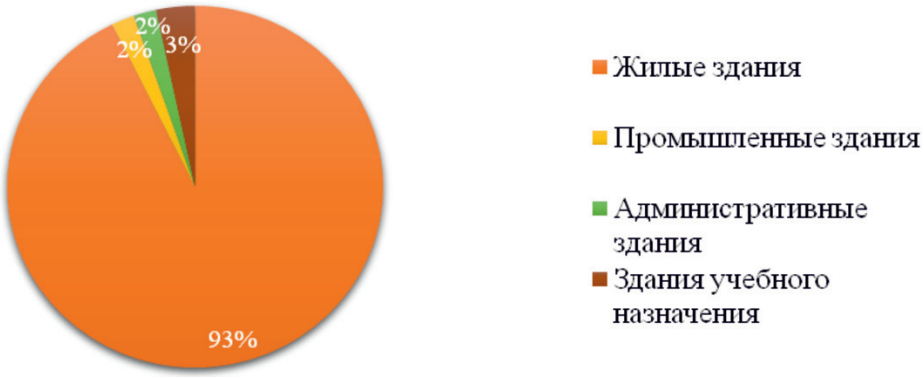


Рис. 1. Объем введенных в эксплуатацию зданий в Красноярском крае, % [6]

Представленные данные табл. 1–3 свидетельствуют, что в крупнейших регионах Восточной Сибири сокращаются объемы строительных работ. За последние 12 лет в Красноярском крае этот показатель сократился на 25,4 %, в Иркутской области на 6,6 %, в Забайкальском крае начиная с 2014 г. объем строительных работ возрос на 13,7 %. При этом в Российской Федерации и Сибирском федеральном округе в целом наблюдается рост объемов строительства на 10,4 % и 1,3 % соответственно.

Строительный сектор играет важную роль в экономике Красноярского края. В крае эффективно работает структурная цепочка строительной отрасли: проектные, строительные организации и производители строительных материалов. Основные направления строительства в Красноярске на сегодняшний день – это возведение жилья, торговых и торгово-развлекательных комплексов, сооружение автомобильных дорог, и в связи с проведением Универсиады в 2019 г., строительство и реконструкция объектов различного назначения.

На территории края действует более 8500 строительных организаций. В период с января по май 2018 г. было введено в эксплуатацию 1508 зданий общей площадью 622,9 тыс. м^2, из которых 485,7 тыс. м^2 приходится на объекты жилого назначения, 10,4 тыс. м^2 – промышленного, 10,2 тыс. м^2 – административного, 17,5 тыс. м^2 – учебного [6].

В связи с Универсиадой планируется не только новое строительство, но и снос 68 ветхих зданий, расположенных на гостевых трассах города. Согласно распоряжению администрации города Красноярска от 13.01.2016 № 4-арх до 2030 г. планируется расселить и в дальнейшем снести свыше 380 аварийных жилых зданий [6]. Также, по данным Региональной адресной программы «Переселение граждан из аварийного жилищного фонда в Красноярском крае» на 2013–2018 гг., планируется снос зданий общей площадью 206491,64 м^2 [7].

По данным Иркутскстата, в январе – июне 2018 г. в регионе было введено 455,6 тыс. м^2 жилья [4]. Динамика объема работ, выполненных по виду деятельности «Строительство» на январь – июнь 2018 г. составляет 76,9 % к соответствующему периоду предыдущего года [4].

Согласно официальному сайту Министерства строительства и дорожного хозяйства Иркутской области [8] во исполнение Указа Президента Российской Федерации на территории Иркутской области утверждены 3 программы по переселению граждан из аварийного жилищного фонда, которые входят в состав Государственной программы Иркутской области «Доступное жилье» на 2014–2020 гг., размещенной в разделе «Государственные программы». Согласно этим программам планируется расселить и в дальнейшем снести в общей сложности 554 тыс. м^2 аварийного жилья.

В 2018 г. в Забайкальском крае для жителей городской местности введено 12,1 тыс. м^2 общей площади (66,1 % к январю – марту 2017 г.), сельской местности – 11,3 тыс. м^2 (144,8 %). Населением края за счет собственных и заемных средств построен 191 жилой дом общей площадью 19,5 тыс. м^2 [5]. По данным Федеральной службы государственной статистики объем работ по виду деятельности «Строительство» на январь – март 2018 г. в Забайкальском крае составил 3913,5 млн руб., или 94,4 % к соответствующему периоду 2017 г. [5].

Согласно паспорту региональной адресной программы Забайкальского края по переселению граждан из аварийного жилищного фонда на 2013–2017 гг. общая площадь жилых помещений аварийных многоквартирных домов составляет 106199,47 м^2 [9].

Перечисленные объемы работ на территориях Восточной Сибири приводят к возникновению большого количества строительного мусора, загрязняется окружающая среда, появляются несанкционированные мусорные свалки, что негативно сказывается на облике городов. Кроме того, теряется потенциал вторичного использования материалов, оставшихся в результате демонтажа и сноса зданий и сооружений, готовых конструкций с заводским браком, а также материалов, пришедших в негодность в результате неправильной транспортировки и хранения.

«Рециклинг» и его процессы

Строительный мусор представляет собой ту часть отходов, которые образовались во время строительства или сноса (демонтажа) зданий и сооружений. Согласно статистике, в ходе строительства и после его завершения неиспользованными остаются материалы, представленные на рис. 3 [1].

В общем случае «рециклинг» следует понимать как деятельность, связанную с переработкой отходов для повторного их использования в строительстве.

С научной точки зрения «рециклинг» – это система организационно-экономических и технологических мероприятий по возвращению отходов производства и потребления в повторный хозяйственный оборот (рис. 4). Анализируя данную схему и фактическое состояние отрасли, можно говорить о том, что на сегодняшний день зачастую отходы, минуя стадию сортировки, отправляются сразу же на места захоронение и свалки.

Нормативное регулирование рециклинга в РФ

Нормативное регулирование оказания услуг по вывозу и утилизации мусора и твердых бытовых отходов в Российской Федерации осуществляется при помощи федеральных законов, постановлений правительства, санитарных правил и иных нормативно-правовых документов:

– Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ;

– Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ;

– Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ;

– Санитарные правила СП 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 30 мая 2001 г. № 16);

– Постановление «О порядке сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых, промышленных и прочих отходов в городе Красноярске» от 25 мая 2006 г. № 444;

– Закон Забайкальского края от 23.12.2009 г. № 327-ЗЗК «Об отходах производства и потребления»;

– Закон республики Бурятия от 09.03.2010 г. № 1254-IV «Об отходах производства и потребления в республике Бурятия»;

– Постановление окружной администрации города Якутска от 13.10.2015 г. № 266П «Об утверждении генеральной схемы обращения с отходами производства и потребления на территории городского округа «Город Якутск».

Вышеуказанные документы носят общий характер и обязательны для исполнения во всех отраслях. В строительной отрасли так же существует множество отдельных нормативно-правовых актов. Одним из наиболее важных является Постановление Правительства Российской Федерации № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». На основании этого документа разрабатывается вся проектная документация, связанная со строительной деятельностью.

Рис. 2. Объем аварийных зданий, подлежащих сносу, м²

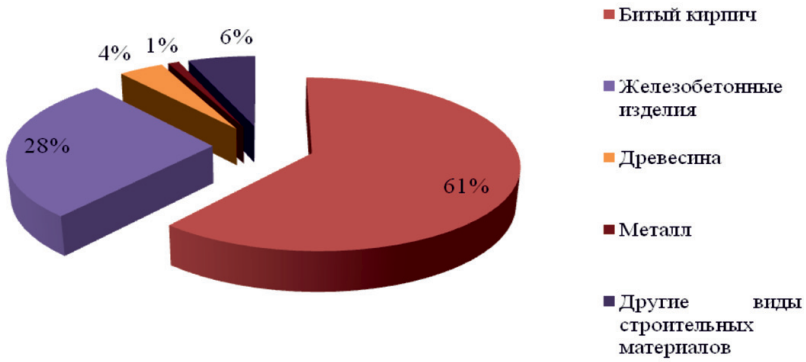


Рис. 3. Виды строительного мусора

Рис. 4. Процесс рециклинга

Таблица 4

Анализ существующих нормативных указаний к сносу (демонтажу) зданий и сооружений и утилизации строительного мусора [составлено авторами]

№ п/п	Источник	Указания	Недостатки
1	2	3	4
1	СТО НОСТРОЙ 2.33.53-2011 «Снос (демонтаж) зданий и сооружений»	П. 7. Способы сноса зданий и сооружений. В данном пункте описаны возможные варианты сноса зданий, даны указания, для каких типов зданий подходит каждый из вариантов П. 8. Демонтаж зданий и сооружений Пункт содержит описание способов демонтажа зданий. Приведены подробные описания технологии разборки различных конструкций зданий и сооружений	Не указаны образующиеся в ходе сноса и демонтажа зданий виды строительного мусора
2	СП 48.13330.2011 Организация строительства	П. 6.9. Утилизация (снос, демонтаж) зданий и сооружений Настоящий свод правил дает указания к организации работ по утилизации зданий и сооружений, требованиям безопасности на объектах утилизации. Обозначены работы, предшествующие сносу (демонтажу), в том числе определение возможности повторного использования конструкций. Приведены обязанности лица, допущенного к утилизации объекта	В обязанностях ответственного лица не прописан пункт о необходимости вывоза и утилизации отходов от сноса (демонтажа) зданий и сооружений. Не прописаны работы, которые должны быть проведены после сноса (демонтажа)
3	МДС 12-64.2013 Типовой проект организации работ на демонтаж (снос) зданий и сооружений	П. 3.9. Решения по вывозу и утилизации отходов Данные методические указания предлагают решения по возможному повторному использованию некоторых конструкций и переработке некоторых материалов	Решения представлены в общем, кратком виде. Не хватает более обширного перечня материалов и конкретного способа их переработки

Согласно разделу II, Постановления № 87, «Состав разделов проектной документации на объекты капитального строительства…» мероприятия по утилизации отходов строительства должны быть прописаны в разделах: 4 «Конструктивные и объемно-планировочные решения»; 5 «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений»; 7 «Проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства»; 8 «Перечень мероприятий по охране окружающей среды».

Наибольший объем отходов образуется при сносе (демонтаже) зданий и сооружений. В ближайшие годы в связи с массовой реконструкцией и повсеместным сносом ветхого жилья ожидается ещё более резкий рост количества таких отходов. В связи с этим рассмотрим конкретные документы, направленные на данный вид деятельности.

В табл. 4 представлен анализ указаний, направленных на организацию и осуществление сноса (демонтажа) зданий и сооружений, а также последующей утилизации отходов.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведя анализ, делаем вывод о том, что нормативная документация, действующая на территории РФ, содержит некоторые рекомендации к процессу утилизации зданий и сооружений, а также ликвидации строительного мусора. Однако данные пункты имеют обобщенное содержание и не дают конкретных указаний. Отсутствует единая методика, что говорит о необходимости создания отдельного нормативного документа, который будет освещать вопросы о правилах утилизации строительных материалов и конструкций, а также возможностях их повторного применения.

Однако следует отметить, что такая ситуация складывается лишь в отношении Федеральных нормативно-правовых актов. Положительным примером обращения с отходами строительства в регионах может служить Постановление Правительства Москвы от 25 июня 2002 г. № 469-ПП «О порядке обращения с отходами строительства и сноса в г. Москве (с изменениями на 6 марта 2013 года)». В документе прописаны указания ответственным за утилизацию

строительного мусора: как и в какой форме вести отчетную документацию, как должны осуществляться сбор и временное хранение мусора, перевозка, захоронение, переработка и дальнейшее использование отходов, а также ответственность за нарушение данного порядка. Недостатком данного постановления, так же как и всех вышеперечисленных документов, является отсутствие четкого разграничения отходов по видам и возможностям дальнейшего применения.

Недостаточная проработка нормативной базы является одной из важнейших причин, по которой в нашей стране все еще слабо развита культура ресурсосбережения, но, конечно, далеко не единственной (табл. 5).

На региональном уровне решение данного вопроса следует начать со строительства заводов по переработке строительных материалов. Красноярск, как столица Восточной Сибири, может стать первой площадкой для строительства (табл. 6).

Предполагается, что предприятие будет заниматься следующими видами деятельности:

– сортировка поступающих материалов и конструкций;

– проверка безопасности материалов для последующего использования (радиационный фон, наличие вредных примесей и т.п.);

– переработка строительного мусора;

– сортировка и складирование полученных материалов;

– сбыт вторичного сырья, полученного в процессе переработки.

По состоянию на III квартал 2018 г. в г. Красноярске нет ни одного действующего предприятия, специализирующегося на всех аспектах предполагаемого вида деятельности.

Проведенные в рамках исследования расчеты [10] свидетельствуют о целесообразности реализации проекта открытия предприятия по предоставлению услуг переработки строительных отходов.

Таблица 5

Проблемы и пути их решения [составлено авторами]

Проблема	Решение
Недостаточное внимание к вопросам путей образования, способов переработки и захоронения строительного мусора	Разработка официальных и утвержденных государством стратегий и путей решения данной проблемы. Выделение рециклинга как самостоятельной подотрасли строительства
Отсутствие научно обоснованных и утвержденных норм, определяющих объемы, процессы и продукты переработки отходов строительства	Разработка и внедрение в практику подробных методических указаний, включающих способы переработки и применения отходов строительства
Сложность в получении фактических и достоверных сведений о состоянии дел организаций, занимающихся переработкой строительных конструкций и материалов	Создание единой базы данных
Малое количество (или отсутствие) предприятий, занимающихся переработкой строительных материалов	Строительство заводов по переработке строительных материалов

Таблица 6

SWOT-анализ проекта строительства завода по переработке строительных материалов в Красноярском крае

Сильные стороны	Возможности
Проект уникален для Красноярского края	Создание нового рынка услуг
Успех подобных предприятий за границей	Обмен опытом с зарубежными коллегами, получение их рекомендаций
Экологическая направленность	Поддержка в рамках государственных программ
Возможность потребителя экономить на материалах и их утилизации	Построение грамотного маркетингового плана и переговоров с целевой аудиторией
Современная технология производства	Производство качественной продукции
Слабые стороны	Угрозы
Дороговизна проекта	Отсутствие инвесторов
Низкие заработные платы сотрудников на начальном этапе работы предприятия	Сложность привлечения потребителей
Недостаточная информированность потребителей об услугах и продукции	Сложность в поиске квалифицированных кадров

Заключение

Введение системы рециклинга необходимо не только на рассматриваемых территориях, о чем свидетельствует проводимое исследование, но и в масштабах страны в целом. Перспективы у рециклинга огромны, и пути его внедрения нуждаются в дальнейшей детальной проработке. Решение таких задач, как уменьшение количества отходов, извлечение вторичного сырья, безопасное устранение остатков вредных отходов после сортировки, позволит сберечь экологический потенциал территорий Восточной Сибири, сохранить природный потенциал природной зоны и обеспечит возврат в товарный оборот ценных вторичных ресурсов.

Список литературы

1. Отходы производства и потребления / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment/# (дата обращения: 18.07.2018).

2. Олейник П.П., Григорьева Л.С. Организация системы управления переработкой строительных отходов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. 2014. Вып. 2(33) [Электронный ресурс]. URL: http://lib.knigi-x.ru/23tehnicheskie/216679-1-issn-1994-0351-internet-vestnik-volggasu-ser-politematicheskaya-2014-vip-33-wwwvestnikvgasuru-udk-6905-6585.php (дата обращения: 18.07.2018).

3. Предпринимательство. Строительство / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю [Электронный ресурс]. URL: http://www.krasstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/krasstat/ru/statistics/krsnStat/enterprises/construction/ (дата обращения: 03.09.2018).

4. Предпринимательство. Строительство / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области [Электронный ресурс]. URL: http://irkutskstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/irkutskstat/ru/statistics/enterprises/construction/ (дата обращения: 18.07.2018).

5. Предпринимательство. Строительство / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Забайкальскому краю [Электронный ресурс]. URL: http://chita.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/chita/ru/statistics/enterprises/construction/ (дата обращения: 14.07.2018).

6. Отраслевая программа «Развитие строительной отрасли Красноярского края на 2017–2019 годы» (Официальный портал правительства Красноярского края) [Электронный ресурс]. URL: http://minstroy.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/8084_otraslevay_programma.pdf (дата обращения: 19.07.2018).

7. Региональная адресная программа по переселению граждан из аварийного жилищного фонда в Красноярском крае на 2013 – 2017 годы (с изменениями на 28 сентября 2017 года) (Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/465802786 (дата обращения: 13.09.2018).

8. Государственная программа Иркутской области «Доступное жилье» на 2014–2020 годы / Министерство строительства, дорожного хозяйства Иркутской области [Электронный ресурс]. URL: http://irkobl.ru/sites/irkstroy/gosprog/dostupgil/ (дата обращения: 14.07.2018).

9. Региональная адресная программа Забайкальского края по переселению граждан из аварийного жилищного фонда на 2013–2017 годы (с изменениями на 22 марта 2018 года) [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/424079538 (дата обращения: 14.07.2018).

10. Банникова А.С., Спренгель Д.Е., Самсонов Л.Ю., Федосова О.Г. Перспективы использования вторичного сырья на строительном рынке Красноярского края // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: материалам XXXVII международной научно-практической конференции. 2017. С. 130–135.

УДК 004.9

РЕАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ПРИКЛАДНЫХ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ

Беднаж В.А., Иванова Н.А., Саланкова С.Е.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», Брянск, e-mail: fiz_mat@mail.ru

В настоящей статье предложен авторский подход к реализации современной концептуальной модели исследования задач в области прикладных интернет-технологий на примерах выпускных квалификационных работ (магистерских диссертаций) направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (профиль Прикладные интернет-технологии). Цель исследования состоит в научном обосновании, разработке и реализации современной концептуальной модели решаемых проблем и задач в области информатики и прикладной математики. Данное исследование было основано на анализе собранных материалов и документов, связанных с защищенными в течение последних лет магистерскими диссертациями, и направлено на увеличение эффективности научно-исследовательской работы студентов за счет их целостного образного восприятия объектов концептуальной модели исследования. Предложенная модель позволяет процесс исследования направить на выявление объектов, элементов, понятий исследования, анализ их связей и характеристик с учетом последовательного выполнения представленных этапов. Каждый из выделенных этапов имеет свою структуру, которая подробно описана и проиллюстрирована конкретными примерами из выпускных квалификационных работ, выполненными студентами в рамках проведения магистерских исследований в области прикладных интернет-технологий. Результаты проведенного исследования показывают, что важное значение в рамках реализации современной концептуальной модели исследования задач в области прикладных интернет-технологий отведено практической профессиональной направленности в подготовке компетентностного специалиста.

Ключевые слова: концептуальная модель, прикладные интернет-технологии, парсинг, пользовательский интерфейс веб-ресурсов, потоковое видео, распределенная система

IMPLEMENTATION OF MODERN CONCEPTUAL MODEL OF THE RESEARCH TASKS IN THE FIELD OF APPLIED INTERNET TECHNOLOGIES

Bednazh V.A., Ivanova N.A., Salankova S.E.

Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Academician I.G. Petrovski University», Bryansk, e-mail: fiz_mat@mail.ru

This article proposes the author's approach to the implementation of a modern conceptual model of research problems in the field of applied Internet technologies on the examples of final qualifying works (master's theses) areas of training 01.04.02 Applied mathematics and Informatics (profile Applied Internet technology). The aim of the research is to scientifically substantiate, develop and implement a modern conceptual model of solved problems and problems in the field of informatics and applied mathematics. This study was based on the analysis of the collected materials and documents related to the master's theses defended in recent years, and is aimed at increasing the efficiency of students ' research work due to their holistic image perception of the objects of the conceptual model of the study. The proposed model allows the research process to focus on the identification of objects, elements, concepts of research, analysis of their relationships and characteristics, taking into account the sequential implementation of the stages presented. Each of the selected stages has its own structure, which is described in detail and illustrated by specific examples from the final qualifying works performed by students in the framework of master's studies in the field of applied Internet technologies. The results of the study show that an important role in the implementation of the modern conceptual model of the study of problems in the field of applied Internet technologies is given to the practical professional orientation in the training of a competent specialist.

Keywords: conceptual model, applied Internet technologies, parsing, user interface of web resources, streaming video, distributed system

Сегодня система высшего образования направлена на подготовку компетентностного специалиста, нацелена на решение проблем качества и доступности обучения студента с целью формирования и развития их профессиональных умений и навыков в области прикладных интернет-технологий. Одной из актуальных задач в подготовке студентов-магистрантов является увеличение эффективности их работы за счет целостного образного восприятия, не относящегося к конкретной дисциплине, а, напротив, обеспечивающего процесс обучения в любой профессиональной направленности.

Зачастую не только бакалаврам, но и студентам магистратуры, крайне трудно выделить, конкретизировать и рассмотреть реальный объект (компьютерные сети, парсинг, веб-интерфейс, потоковое видео, распределенная система), процесс или явление (проектирование и настройки иерархически распределенной сети для конкретной цели) в области прикладных интернет-техноло-

гий. Построение модели, отображающей какую-то конкретную грань реальности, становится наилучшим способом исследования в рамках проведения системных исследований любой направленности, что в свою очередь обеспечивает более успешный процесс обучения студентов.

Цель исследования состоит в научном обосновании, разработке и реализации современной концептуальной модели решаемых проблем и задач в области информатики и прикладной математики.

Материалы и методы исследования

Данное исследование основано на анализе собранных материалов и документов, связанных с защищенными в течение последних лет магистерскими диссертациями, и направлено на увеличение эффективности научно-исследовательской работы студентов за счет их целостного образного восприятия объектов концептуальной модели исследования.

Используя современные концептуальные модели исследования, учебный процесс можно организовать таким образом, чтобы практически все студенты любых направлений подготовки были активно вовлечены в процесс познания. Для этого на занятиях со студентами-магистрантами направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (профиль Прикладные интернет-технологии) были использованы современные концептуальные модели, направленные на исследование задач в области прикладных интернет-технологий.

На сегодня нет однозначного определения концептуальной модели исследования.

А.А. Крылов концептуальную модель рассматривает «*как образно-понятийную модель деятельности*» [1]. С.А. Дружилов выделяет понятие концептуальной модели профессиональной деятельности, представляющей собой «*образно-понятийно-действенную модель, которая содержит ряд последовательно сформированных и взаимосвязанных подмоделей… и рассматривается нами как совокупность субъективных представлений субъекта труда об условиях, целях и способах достижения этих целей в рамках конкретной профессии*» [2].

В основу нашего исследования положено определение, что концептуальная модель предмета исследования это:

1) выделенная между объектами исследования структурированная композиция существующих или прогнозированных связей;

2) описываемая предметная область объединения понятий и связей.

В рамках реализации современной концептуальной модели исследования задач в области прикладных интернет-технологий была определена следующая структура модели:

1) выявление основных функций системы исследования прикладных интернет-технологий и пути их реализации;

2) структурная основа системы прикладных интернет-технологий;

3) направленность функционирования прикладных интернет-технологий;

4) цель/результат работы системы прикладных Интернет-технологий.

Рассмотрим структуру концептуальной модели исследования задач в области прикладных интернет-технологий со студентами-магистрантами направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (профиль Прикладные интернет-технологии) более подробно.

Выявление основных функций системы исследования прикладных интернет-технологий и пути их реализации

Изначально, проанализировав первоисточники и техническую документацию производится сбор фактических данных, включающих в себя проведение натурных экспериментов, сбор экспертной информации, выбор категории объекта, рассмотрение идеи для его всестороннего освещения и определения способа его исследования.

На данном этапе основной целью является замена существующих объектов исследования на объекты концептуальной модели исследования в области прикладных интернет-технологий. Эти объекты будут подлежать изучению, для последующего выявления основных характеристик, свойств и существующих концептуальных связей (рисунок).

Например, «*человеко-ориентированное проектирование – это способ разработки интерактивных систем, направленный на создание пригодных в использовании и полезных систем с учетом особенностей пользователей, их потребностей на основе эргономических принципов*» [3]. Веб-интерфейс подразумевает разработку визуального образа веб-страницы и исследование юзабилити программного обеспечения. В этом случае объектом исследования выступают эргономические аспекты, этапы, принципы и требования юзабилити, используемые при проектировании пользовательского интерфейса веб-ресурсов, на предмет разработки рекомендаций по юзабилити интернет-порталов [4].

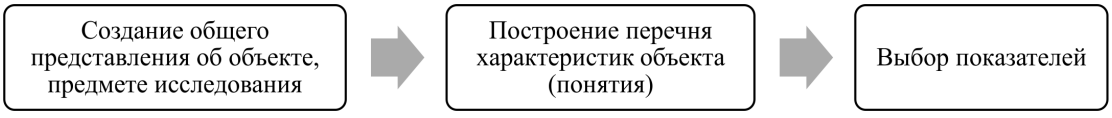


Схема выявления основных функций системы исследования

Компьютерной сетью, как правило, обозначают «набор автономных компьютеров, связанных одной технологией» [5]. Распределенная система является программной системой, построенной на базе компьютерной сети. Эта система обеспечивает высокую степень связности и прозрачности элементов. В этом случае объектом исследования выступают компьютерные сети, на предмет возможности проектирования и настройки иерархически распределенной сети для объединения учебных заведений в единое образовательное пространство.

В современном обществе на первый план выходит возможность предоставления пользователям мобильных устройств информационных и вычислительных услуг по мере необходимости. При разработке мобильных приложений существует несколько подходов, но самым оптимальным для часто меняющихся данных является извлечение данных с веб-ресурсов. Парсингом называют «*процесс анализа или разбора определенного контента на составляющие с помощью роботов-парсеров (специальных программ или скриптов)*» [6]. В этом случае объектом исследования выступают технологии работы с информацией в мобильных приложениях, на предмет исследования возможности получения и обновления данных.

С увеличением объемов информации в сети Интернет появилась потребность в инструментах, облегчающих ее поиск и делающих его более эффективным. Для решения поставленных задач была предложена концепция семантической паутины. В этом случае объектом исследования выступают семантические веб-сервисы, на предмет исследования инструментов для их создания.

Стриминг – одна из распространенных технологий на данный момент, позволяющая незаметно для пользователя организовывать переключение между видеопотоками. В этом случае объектом исследования являются сети связи на предмет качества услуг, предоставляемых присутствием передачи потокового видеоматериала.

Структурная основа системы прикладных интернет-технологий

На этом этапе студенты-магистранты должны определиться с основной точкой зрения на предмет исследования, исходя из проведенного логического анализа понятийного аппарата. В случае отсутствия эмпирических данных при необходимости выдвигается гипотеза относительно характеристик исследуемого объекта.

Далее необходимо выполнить конкретизацию предмета исследования и его составных частей, включающих в себя простые (унарные) понятия, которые могут быть оценены количественно и качественно в ходе эмпирического исследования.

Уточнение системы необходимо осуществлять до тех пор, пока о каждой составляющей не будет получена характеристика с соответствующими связями, в зависимости от влияния входных параметров.

Например, в веб-интерфейсе – это анализ проблемы пользователя в работе с программным обеспечением и способы их решения; решение проблемы юзабилити-проектирования интернет-порталов. В распределённых системах – это проведение оценки необходимого аппаратного обеспечения для организации компьютерной сети, анализ проектов по построению единого пространства образовательной среды учебного заведения. В извлечении данных с веб-ресурсов – это анализ проблемы, способы представления данных в мобильных приложениях, оценка соответствующих инструментов разработки. В семантическом вебе – это анализ существующих инструментов, методологии разработки онтологий и инструментов для создания семантических веб-сервисов.

В оценке качества услуг, предоставляемых присутствием передачи потокового видеоматериала – это анализ и моделирование типовых методов адаптивной фильтрации, к числу которых относятся: метод оценивания импульсной характеристики; очищение сигнала от шума; метод выравнивания частотной характеристики неизвестной системы.

Направленность функционирования прикладных интернет-технологий

В ходе выполнения магистерского исследования студенты должны выполнить анализ и синтез понятийного аппарата, выявить неточности и противоречия, которые впоследствии должны быть доработаны в реализуемой концептуальной модели.

Немаловажным на этом этапе является корректное отражение всех этапов реализации схемы выявления основных функций системы исследования. Оно должно включать в себя перечень и характеристики внешних факторов, воздействующих на предмет исследования и обеспечивающих всестороннее описание функционирования модели на заданном временном интервале.

Например, в веб-интерфейсе – эргономика, юзабилити, человеко-ориентированное проектирование и выявление требований к пользовательским интерфейсам веб-ресурсов. В распределенных системах – теоретические аспекты построения сетевой инфраструктуры, анализ серверов для их функционирования и выявления требований к сетям для их успешного объ-

единения в образовательных целях. В извлечении данных с веб-ресурсов – выбор программного обеспечения для разработки мобильного приложения и выявление основных этапов разработки и тестирования приложения. В семантическом вебе – это поэтапное создание онтологии, разработка, отладка и тестирование веб-сервиса. В оценке качества услуг передачи потокового видео – состояния физической среды передачи, реализация средствами Mathlab программного видеокодека, позволяющего в режиме моделирования установить влияние скорости передачи на качество передаваемого изображения. Созданная модель использовалась для исследования влияния характеристик канала передачи данных на качество изображения.

Цель/Результат работы системы прикладных интернет-технологий

Выдвинутые гипотезы и допущения об исследуемом объекте лежат в основе концепции исследования, результатом которой является создание исходной теоретической конструкции с последующей ее практической реализацией. Этап завершается составлением полного описания выполненных этапов, характеризующих результаты исследования.

В соответствии с выбранной темой, выделенными объектом и предметом исследования в диссертационной работе должен быть решен ряд задач.

Для исследования пользовательских интерфейсов веб-ресурсов необходимо:

– проанализировать научно-практическую и методическую литературу по вопросам эргономических основ проектирования пользовательского интерфейса и юзабилити программного обеспечения;

– выделить требования к пользовательским интерфейсам веб-ресурсов;

– разработать рекомендации по юзабилити интернет-порталов.

Для исследования распределенных систем необходимо:

– рассмотреть теоретические основы построения компьютерных сетей;

– провести аналитический обзор существующих проектов по развертыванию сетей для образовательных учреждений;

– разработать алгоритм подключения учебных заведений к иерархической образовательной сети в соответствии с международными стандартами.

Для исследования парсинга необходимо:

– изучить историю развития мобильных приложений;

– выделить способы представления данных в приложениях;

– изучить инструменты разработки;

– разработать мобильное приложение, позволяющее информировать пользователя о событиях различного рода с использованием технологии парсинга, и проверить его работоспособность.

Для исследования семантической паутины необходимо:

– проанализировать историю развития семантической паутины;

– рассмотреть современные технологии семантического веб;

– разработать онтологию выбранной предметной области;

– создать веб-сервис семантического подбора данных и протестировать его работу.

Для исследования качества услуг передачи потокового видео необходимо:

– рассмотреть теоретические основы потокового видео в системах широкополосного беспроводного доступа;

– произвести аналитический обзор методов оценки качества потокового видео;

– разработать алгоритм решения задачи и осуществить программную реализацию.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате выполненных научно-практических исследований студенты-магистранты в работах определили структуру и содержание научно-исследовательских проблем и задач в области своего научного исследования, обосновали выбранную концептуальную модель предметной области.

Заключение

Результаты проведенного исследования показывают, что важное значение в рамках реализации современной концептуальной модели исследования задач в области прикладных интернет-технологий отведено практической профессиональной направленности в подготовке компетентностного специалиста.

Таким образом, реализация современной концептуальной модели исследования задач в области прикладных интернет-технологий способствует формированию и развитию профессиональных умений и навыков студентов-магистрантов направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (профиль Прикладные интернет-технологии).

Научно-техническая и практическая ценность результатов работы направлена на повышение уровня научно-исследовательской деятельности магистрантов в области информатики и прикладной математики в условиях реализации современной концептуальной модели исследования.

Предлагаемая методика позволяет охватить систему профессиональной подготовки студента-магистранта, направленную на формирование исследовательских умений и навыков в области прикладных интернет-технологий; воспитание соответствующего способа думать, ставить и практически решать задачи исследования; формирование думающего творческого исследователя. В такой модели приводятся наиболее значимые сведения об объекте исследования, его основных составляющих и существующих связях между ними. При этом не существует единообразной схемы создания концептуальной модели. В каждом магистерском исследовании будут присутствовать свои специфические особенности, характеризующие предмет исследования.

Поэтому студентам-магистрантам важно, опираясь на свои знания, руководствуясь опытом и мнением научного руководителя и экспертов в области прикладных интернет-технологий, в своем исследовании отразить наиболее существенные факторы, воздействующие на объект, исключая второстепенные.

Список литературы

1. Крылов А.А. Организация информационного управляющего процесса в системе мозга // Методология исследований по инженерной психологии и психологии труда. В 2-х ч. Ч. 2 / Под ред. А.А. Крылова. Л.: Изд-во Ленингр. гос. ун-та, 1975. С. 3–39.

2. Дружилов С.А. Концептуальная модель профессиональной деятельности как психологическая детерминанта профессионализма // Психологические исследования: электронный научный журнал. 2013. Т. 6, № 29. С. 4.

3. ГОСТ Р ИСО 9241-210 – 2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Эргономика взаимодействия человек – система. Часть 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем. ISO 9241-210:2010 Ergonomic sofhuman-system interaction – Part 210: Human-centred design forinteractive systems (IDT). М.: Стандартинформ, 2013. 36 с.

4. Иванова Н.А., Саланкова С.Е. Эргономическое обеспечение пользовательского интерфейса интернет-портала товарищества собственников жилья // Наука и общество в современном мире: проблемы и перспективы развития: материалы Международного электронного симпозиума (г. Махачкала, 1 июня 2015 г.). Махачкала, 2015. С. 48–53.

5. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. СПб.: Питер, 2012. 960 с.

6. SEO словарь [Электронный ресурс]. URL: https://seodic.ru/terms/parsing (дата обращения: 07.08.2018).

УДК 621.774:658.5

ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ТРУБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Волкова С.В., Губарев А.В.

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет», Рязань, e-mail: gubarev.a.v@rsreu.ru

Настоящая статья посвящена изучению проблем внедрения концепции бережливого производства на предприятиях трубной промышленности. Разработана карта потока создания ценности, наглядно обосновывающая необходимость внедрения данной концепции на предприятиях рассматриваемой отрасли. Выявлены операции, не добавляющие ценности продукции. Проанализированы особенности предприятий трубной промышленности на примере ООО «РТЗ» и самого процесса производства, не позволяющие на основе классического подхода внедрить методы и принципы бережливого производства. Выявлены основные проблемы, требующие решения методами бережливого производства. Рассмотрено применение системы выравнивания, позволившее сократить число переналадок оборудования на 40%. Приведены практические примеры внедрения метода SMED, позволяющего сократить время переналадки оборудования. При грамотной реализации метода время переналадки было сокращено вдвое. Рассмотрены аспекты реализации метода TPM, направленного на сокращение времени простоя оборудования по причине устранения неисправностей, проведения технического осмотра и технического обслуживания. Реализация элементов концепции TPM позволила сократить время простоя на 30%. Внедрение рассмотренных принципов и методов бережливого производства позволяет повысить производительность, снизить себестоимость трубной продукции, обеспечивая при этом ее высокое качество и сокращая время цикла производства.

Ключевые слова: бережливое производство, время цикла, карта потока создания ценности, переналадка, труба, трубная промышленность

THE CHALLENGES OF IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION CONCEPT IN THE PIPING INDUSTRY AND WAYS OF THEIR DECISION

Volkova S.V., Gubarev A.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ryazan Radio Engineering University, Ryazan, e-mail: gubarev.a.v@rsreu.ru

This article is devoted to the study of the problems of implementing the concept of lean production in the pipe industry. A map of the value stream, clearly justifying the need for the introduction of this concept in the enterprises of the industry. Identified operations that do not add value to the product. Features of the enterprises of the pipe industry on the example of LLC RTZ and the production process, not allowing on the basis of the classical approach to introduce methods and principles of lean production are analyzed. The main problems that need to be solved by lean production methods are identified. The application of the alignment system is considered, which allowed to reduce the number of equipment changeovers by 40%. Practical examples of the implementation of the SMED method to reduce the time of equipment changeover are given. With proper implementation of the method, the changeover time was reduced by half. The aspects of implementation of the TPM method aimed at reducing downtime due to Troubleshooting, technical inspection and maintenance are considered. The implementation of TPM concept elements has reduced downtime by 30%. The introduction of the principles and methods of lean production will improve productivity, reduce the cost of pipe products, while ensuring its high quality and reducing the production cycle time.

Keywords: lean production, cycle time, value stream map, changeover, pipe, pipe industry

Каждое предприятие нацелено на получение максимально возможной прибыли, притом что сопутствующими задачами являются обеспечение конкурентоспособности своей продукции, сохранение доли рынка, удовлетворение потребностей потребителей и т.д. Однако далеко не каждое предприятие способно обеспечить своих потребителей продукцией высокого качества по низкой цене. Следовательно, потребителю приходится выбирать между качеством и ценой, и зачастую выбор падает на низкую стоимость. Это происходит в силу того, что за обеспечением высокого качества кроются большие производственные затраты, что влечет за собой повышение себестоимости продукции [1].

Как и практически в любой отрасли, на предприятиях трубной промышленности имеются «слабые места» в производственном процессе, требующие дополнительных финансовых и временных затрат на их компенсацию. При этом увеличивается стоимость трубной продукции, в то время как эти дополнительные затраты не всегда обеспечивают высокое качество. Все это приводит к тому, что потребитель платит не только за то, что добавляет ценность продукции, но и за «пустые действия», такие как хранение, перемещение, порой неоправданно длительные и т.д.

Цель исследования: анализ проблем внедрения методов и инструментов бережливого производства в трубной промышленности и поиск путей их решения.

Методы исследования: картирование потока создания ценности, TPM (Total Productive Maintenance – всеобщий уход за оборудованием), SMED (Single-Minute Exchange of Dies – быстрая переналадка), процессный и системный подходы к менеджменту.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ деятельности предприятий трубной промышленности (на примере ООО «РТЗ») на предмет добавления ценности продукции при производстве привел к осознанию необходимости кардинального пересмотра производственного процесса и внедрения принципов бережливого производства. С целью пояснения необходимости применения данной концепции на ООО «РТЗ» была разработана карта потока создания ценности (КПСЦ) текущего состояния (рис. 1) [2, 3].

На данной карте отражены основные этапы, которые проходит потенциальная труба от момента поставки материала до отгрузки готовой продукции заказчику. Также в карте отражено время цикла выполнения каждого из этапов, включая хранение и перемещение материала, незавершенного производства (штрипсов) и готовой продукции. При этом на предприятии нередки случаи увеличения продолжительности многих этапов.

Необходимо отметить, что концепция бережливого производства предполагает наличие запасов (буферных и страховых) на случай непредвиденных ситуаций. Однако склады, заполненные до предела незавершенным производством и готовой продукцией, а порой и материалом, к бережливому производству не имеют никакого отношения [4].

Анализируя КПСЦ, также можно сделать вывод, что время добавления ценности продукции составляет всего лишь 8,5% от общего времени цикла, не считая времени переналадки оборудования, которое составляет менее 2,5% от общего времени. И это в самом лучшем случае, ведь операции «хранение» на самом деле могли длиться от нескольких часов до нескольких дней. Подобная же ситуация возникала и с операцией «наладка», ведь при наличии даже самых незначительных неисправностей оборудования она могла затянуться на часы. Следовательно, проецируя время цикла на себестоимость продукции по принципу «время – деньги», можно предположить, что затраты на более чем 80% цикла (а они могут составлять до 30% стоимости готовой продукции) совершенно неоправданны и любое аналогичное предприятие при наиболее рациональной организации производства составит абсолютное конкурентное преимущество ООО «РТЗ». При этом рассматриваемое предприятие не единственное в данной отрасли, на котором имеет место подобная ситуация, и все это лишь подтверждает их потребность в бережливом производстве.

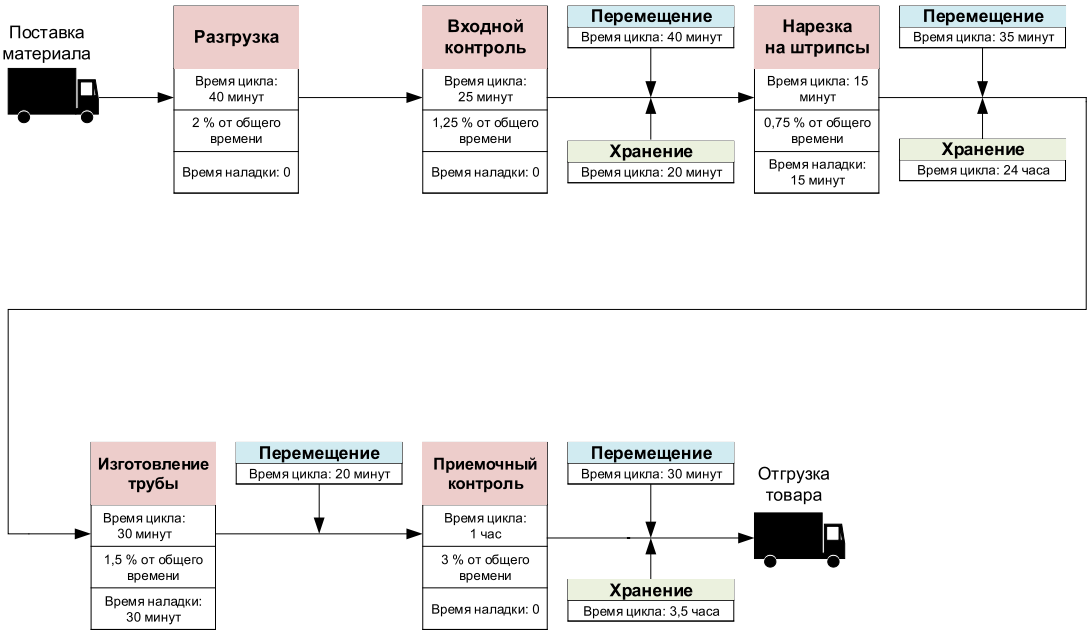


Рис. 1. Карта потока создания ценности текущего состояния

Однако ООО «РТЗ» имеет ряд особенностей, не позволяющих с легкостью внедрить принципы бережливого производства.

Первая особенность заключается в том, что ООО «РТЗ» не проектировалось с нуля, производственные помещения были выкуплены у другого предприятия, в связи с чем необходимо было подстраиваться под имеющиеся размеры и расположение производственных помещений. Также стоит учесть, что при создании завода методы бережливого производства не имели столь большой популярности в нашей стране и в данном случае никак не учитывались. При этом имела место ситуация, когда линия продольной резки находится в одном здании, а трубоэлектросварочный стан – в другом. Из этого вытекает вторая особенность – сложно быстро организовать производственные ячейки, ведь перемещение такого массивного оборудования повлечет за собой длительный простой производства и огромные затраты, на которые руководство предприятия просто не готово пойти, часто ввиду недооценивания концепции бережливого производства и возможного эффекта от перестановки.

Несмотря на это, концепция бережливого производства предлагает множество решений, которые позволят решить многие проблемы предприятия и повысить эффективность его работы. Укрупненная схема организации деятельности ООО «РТЗ» на основе применения методов бережливого производства представлена на рис. 2.

Одной из первых задач для ООО «РТЗ» стала борьба с излишками запасов материала, незавершенного производства и готовой продукции. С этой целью стали проводиться периодический анализ спроса за аналогичные периоды прошлых лет и анализ текущей рыночной ситуации.

Анализ спроса за прошлые периоды позволил выявить, что из более чем 150 видов и типоразмеров изготавливаемых заводом труб наиболее востребованными являются лишь 12 (в частности, например, труба профильная 50х50х1,5, 80х80х3, 60х30х1,5, 25х25х1,5, 18х1 и др.). Величина вклада этих 12 типов труб в общий объем заказов составляет примерно 80 %. Причем уровень спроса на них находится на данном уровне практически каждый год с незначительными колебаниями в отличие от спроса на трубы других типоразмеров. Следовательно, эта информация весьма важна для прогнозирования спроса и планирования производства, ведь трубы данных типоразмеров можно включать в план производства, не ожидая конкретных заказов на них. Готовая продукция, являясь востребованной, не будет длительное время складироваться, а завод получает определенное конкурентное преимущество, так как имеет возможность сразу отгружать данную продукцию заказчику.

Параллельно решается проблема складирования излишних запасов материала. Прогнозирование спроса на востребованные типоразмеры труб предоставляет информацию о потребностях в материале. После поставки и прохождения входного контроля он практически сразу же направляется на производство.

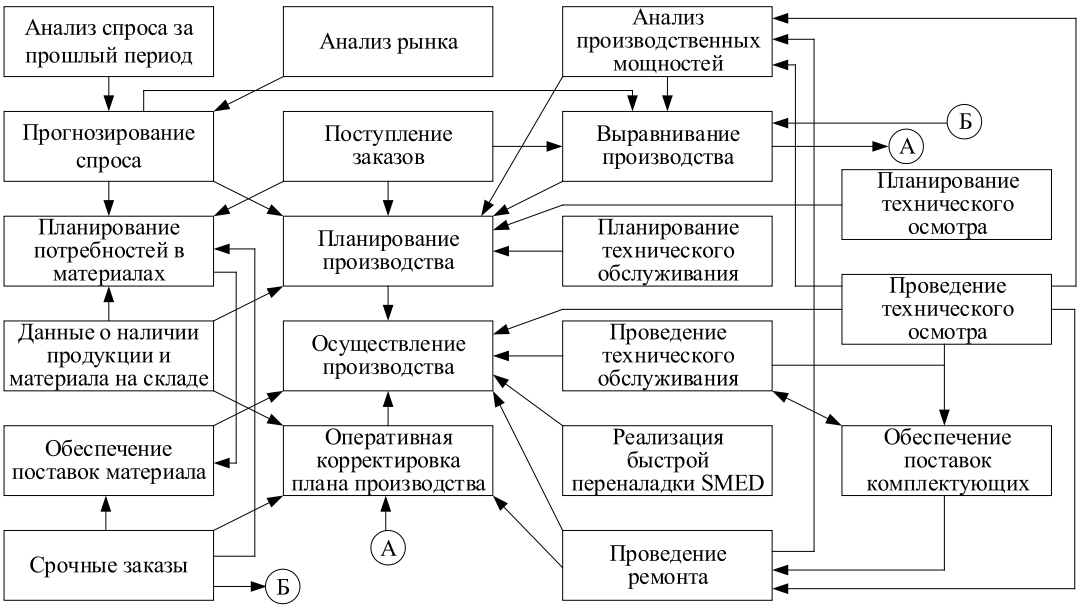


Рис. 2. Схема организации деятельности ООО «РТЗ» на основе методов бережливого производства

Несколько иной подход выработан для непопулярных типоразмеров труб. Спрос на конкретные типоразмеры не поддается прогнозированию и является по большей части случайным. Однако доля таких заказов составляет порядка 20% от общего числа. Поэтому целесообразно иметь в наличии материал для их производства, и в данном случае осуществляется оценка именно потребностей в используемом для их производства материале. То есть прогнозируется необходимый объем заказа стали той или иной марки и толщины. При этом учитывается наличие материала на складе во избежание его избытка. Предварительная закупка материала необходима для оперативного исполнения небольших заказов на трубы непопулярного типоразмера.

Следующей задачей являлось выравнивание производства. Ранее производство по большей части планировалось по мере поступления заказов. У такого подхода были определенные недостатки, в частности избыточное число переналадок оборудования при переходе с одного типоразмера на другой. Все производимые переналадки – это потери времени, являющиеся операциями, не приносящими ценности потребителю. Для самого же предприятия переналадка – это, по сути, простой оборудования, в связи с чем возникает необходимость сокращения времени простоя. Это возможно на основе прогнозирования спроса на трубную продукцию и рационального планирования производства для каждого трубоэлектросварочного стана [5, 6].

На первом этапе проводился анализ плана проката на одну неделю прошлого года. Целью анализа было выявление возможности уменьшения числа переналадок по сравнению с уже свершившимся количеством для демонстрации руководству потенциального эффекта. В результате анализа было выявлено, что в течение недели один и тот же трубоэлектросварочный стан мог изготавливать трубы одного и того же типоразмера вплоть до 3–5 раз. Это приводило к излишнему простою оборудования по причине переналадок в течение 3–6 ч. После пересмотра плана проката число переналадок четырех трубоэлектросварочных станов было сокращено с 39 до 23, а время простоя – с 20 часов до 11. Пересмотр планов проката основывался на положении, что один типоразмер на одном стане изготавливается один раз в неделю, т.е. для изготовления одного типоразмера используется только одна переналадка. При этом предпочтительнее было, чтобы завершение производства востребованных типоразмеров труб попадало на вторую половину дня и в оставшееся время в план ставились непопулярные типоразмеры, а с нового дня начиналось производство следующего востребованного типоразмера. Также в это время размещаются срочные заказы небольшого объема с предварительной оперативной корректировкой плана производства. Указанный выше эффект от выравнивания производства стал стимулом для внедрения данного подхода в текущую деятельность ООО «РТЗ». Выигранное время позволило предприятию принять большее число заказов.

Следующая решенная проблема – это сокращение времени переналадки на основе инструмента бережливого производства SMED. Для его внедрения переналадка была разделена на внутренние и внешние операции [7].

Внутренние операции – это действия, которые выполняются строго после остановки оборудования. Таковыми операциями при переналадке трубоэлектросварочного оборудования будут являться замена штрипса и настройка формовочной части. Среднее время, затрачиваемое на эти действия, составляет 10…15 мин.

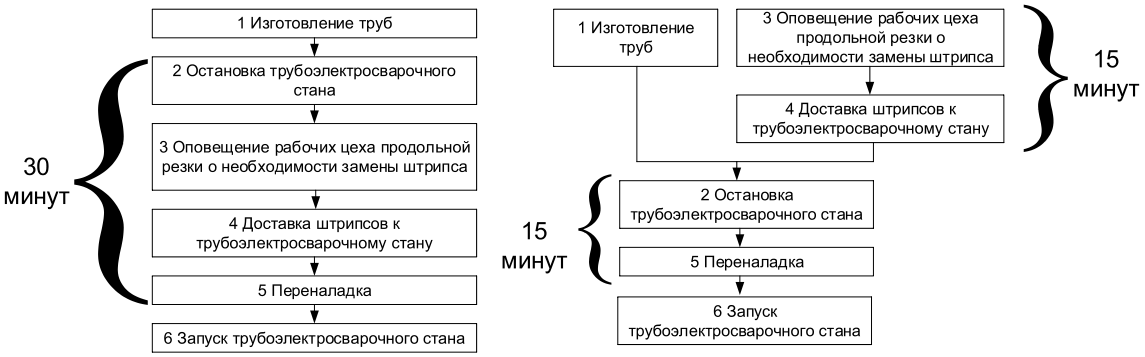


Рис. 3. Последовательность операций до и после внедрения SMED

Внешние операции – это действия, которые могут быть выполнены во время работы оборудования. В рассматриваемом случае это перемещение заготовок к месту расположения конкретного оборудования. Время, затрачиваемое на эти действия, составляет 15…20 мин в зависимости от расстояния.

Смысл применения метода SMED состоит в том, чтобы выполнять внешние операции, то есть перемещать заготовки к месту их дальнейшей обработки ещё до момента остановки оборудования для его переналадки на новые параметры. На рис. 3 отражена последовательность действия по переналадке трубоэлектросварочного стана до и после реализации инструмента SMED.

Фактически время переналадки останется прежним, однако часть этого времени будет идти в счет работы оборудования и время его простоя сократится в два раза.

В результате общее время, затрачиваемое на переналадки, сократилось более чем в три раза (за счет сокращения числа переналадок и их длительности).

Еще одна решенная задача – это минимизация времени простоя оборудования по причине ремонта, технического осмотра и обслуживания. До проведения оптимизации этой деятельности время простоя, например, для трубоэлектросварочных станов, варьировалось в диапазоне от 15 до 30 ч в месяц. Реализация концепции TPM предусматривает повышение эффективности работы оборудования посредством реализации комплекса мероприятий, в том числе по предупреждению выхода его из строя. Как известно, эффективным средством предупреждения неисправностей является предупредительное обслуживание. Было решено ввести периодические технические осмотры оборудования во время его работы, но простое введение осмотров увеличивает время простоя оборудования. Выходом из положения стало планирование технических осмотров на время переналадки оборудования 3 раза в неделю. Внеочередной же технический осмотр может быть проведен на основе информации, полученной от рабочих. В целом ремонтной бригаде вполне достаточно 15 мин, отводимых на переналадку для осмотра основных структурных элементов. На основе информации, полученной во время технического осмотра, планируются мероприятия по своевременной замене тех или иных элементов. При этом данные операции (по возможности, а также в зависимости от критичности потенциальной неисправности) планируются также на время начала переналадки, что позволяет сократить время простоя. При возникновении необходимости проведения длительного ремонта осуществляется оперативная корректировка плана производства.

В результате проведенных мероприятий время простоя по причине ремонта и обслуживания для трубоэлектросварочных станов стало варьироваться в диапазоне от 9 до 21 ч в месяц.

Заключение

Несмотря на то, что внедрение концепции бережливого производства на ООО «РТЗ» начато не так давно и еще не реализовано в полном объеме, можно сказать, что предприятие достигло значительных результатов. Выравнивание производства, сокращение числа переналадок и их продолжительности, а также внедрение элементов концепции TPM позволили повысить производительность предприятия на 15%.

Несмотря на высокие результаты, ООО «РТЗ» в соответствии с философией кайдзен не планирует останавливаться на достигнутом, ведь бережливое производство включает в себя множество (насчитывается до 25) принципов, применение которых позволит предприятию совершенствоваться, сводя к минимуму потери и длительность операций, повышая при этом качество продукции.

Список литературы

1. Волкова С.В., Губарев А.В. Повышение качества сварного шва при производстве трубной продукции // Качество и жизнь. 2017. № 2 (14). С. 100–102.

2. Волкова С.В., Губарев А.В. Оптимизация процесса производства трубной продукции на основе анализа добавленной ценности // Справочник. Инженерный журнал с приложением. 2018. № 2 (251). С. 41–45.

3. Бережливый офис. Управление потоками создания ценности / Пер. с англ. А.Л. Раскина; Под науч. ред. Э.А. Башкардина. М.: РИА «Стандарты и качество», 2009. 208 с.

4. Давыдова Н.С. Формирование производственной системы организации на принципах бережливого производства. Ижевск: Изд-во Института экономики и управления ФГБОУ ВПО «УдГУ», 2015. 94 с.

5. Фейгенсон Н.Б., Мацкевич И.С., Липецкая М.С. Бережливое производство и системы менеджмента качества: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации». СПб.: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2012. 71 с.

6. Вэйдер М. Инструменты бережливого производства: Мини-руководство по внедрению методик бережливого производства / Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 325 с.

7. Лайкер Дж., Майер Д. Практика дао Toyota: Руководство по внедрению принципов менеджмента Toyota / Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. 588 с.

УДК 004.896

АРХИТЕКТУРА СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ СЦЕН МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Каздорф С.Я., Першина Ж.С.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, e-mail: pershina@tiger.cs.nstu.ru

Актуальной задачей современной наземной мобильной робототехники является повышение степени автономности за счет совершенствования систем управления мобильными роботами, включая навигацию в различных внешних средах (индустриальная среда, городские условия, сеть дорог, пересеченная местность и т.д.) при недетерминированных условиях. Перспективный способ такого управления основан на использовании визуальной информации о внешней среде. Данный подход получил название визуальной навигации. В рамках данного исследования рассматривается задача классификации типа наблюдаемой сцены мобильным роботом с использованием глубоких сверточных нейронных сетей. В работе представлен сравнительный анализ особенностей современных архитектур: VGG-16, Inception v3, ResNet-50, Inception ResNet v2, MobileNet, – и проведены экспериментальные исследования с целью оценки точности и быстродействия, на основе результатов которых выработаны базовые принципы разработки эффективных архитектур, которые позволяют получить наименьшую вычислительную сложность алгоритма при достаточной точности классификации с учетом ограничений по вычислительным ресурсам. Основываясь на этих принципах, разработана собственная архитектура глубокой сверточной нейронной сети, которая обеспечивает точность классификации, сопоставимую с точностью существующих архитектур при большем быстродействии.

Ключевые слова: компьютерное зрение, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, классификация, мобильная робототехника

ARCHITECTURE OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR SCENES CLASSIFICATION BY MOBILE ROBOT

Kazdorf S.Ya., Pershina Zh.S.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: pershina@tiger.cs.nstu.ru

The relevant objective of the modern ground mobile robotics is to increase the degree of autonomy by improving the control systems of mobile robots, including navigation in various external environments (industrial environment, urban conditions, roads, rugged terrain, etc.) under nondeterministic conditions. A promising way of such control is based on the usage of visual information about the external environment. This approach is called visual navigation. In the frame of this research, the problem of scene types classification by mobile robot using convolutional neural networks is considered. The paper presents an analysis of state-of-the-art architectures (VGG-16, Inception v3, ResNet-50, Inception ResNet v2, MobileNet) features and experiment results. The basic principles for the development of effective architectures are found based on these results. These principles allow to obtain the least computational complexity of the algorithm with sufficient accuracy of classification, taking into account limitations of computational resources. Using these principles, the own architecture of a deep convolutional neural network is developed, which ensures the accuracy of classification, which is comparable to the accuracy of existing architectures with better performance.

Keywords: computer vision, deep learning, convolutional neural network, classification, mobile robotics

Задача современной наземной мобильной робототехники состоит в повышении степени автономности за счет совершенствования систем управления мобильными роботами, включая навигацию в различных внешних средах (индустриальная среда, городские условия, сеть дорог, пересеченная местность и т.д.) при недетерминированных условиях. Высокая степень автономности может быть достигнута лишь за счет более полного использования всех каналов информации об окружающем мире, включая семантический уровень представления данных. Перспективный способ такого управления основан на использовании визуальной информации о внешней среде. Данный подход получил название визуальной навигации. Такой подход позволит приблизить систему навигации робота к той, которая реализуется интеллектом человека, что, в свою очередь, позволит повысить безопасность и эффективность выполнения сложных операций.

Наибольшего успеха в области распознавания образов на изображении достигли решения, основанные на глубоких сверточных нейронных сетях. Однако стоит отметить, что визуальная навигация в различных типах внешних сред требует распознавания большого количества классов объектов. При этом разработка и реализация алгоритмов распознавания объектов с использованием сверточных нейронных сетей при решении задачи визуальной навигации мобильного робота должна выполняться с учетом ограничений по вычислительным ресурсам. В связи с этим предлагается рассмотреть двухуровневую схему обработки

визуальной информации, при которой на первом уровне выполняется классификация типа наблюдаемой сцены, на втором уровне выполняется распознавание объектов, принадлежащих определенному типу среды, а точнее, их детектирование и локализация. Иными словами, безусловно, можно использовать один уровень, предназначенный для распознавания всех возможных объектов для базовых типов внешних сред, однако это является избыточным, так как нет необходимости искать объекты в тех типах сред, в которых их заведомо быть не должно, из этого следует, что выбор выходных классов объектов зависит от результата классификации типа внешней среды.

Таким образом, основываясь на двухуровневой схеме обработки визуальной информации с целью распознавания объектов, участвующих в навигации мобильного робота, первоочередной задачей является задача классификации типов сцен.

Цель исследования: решение задачи классификации с использованием сверточных нейронных сетей предполагает выполнение следующих этапов: выбор или разработка архитектуры сверточной нейронной сети; формирование обучающего, валидационного и тестового наборов данных для обучения; выбор параметров обучения; обучение; оценка точности.

В рамках данного исследования предполагается выполнить анализ особенностей современных архитектур, предназначенных для классификации изображений, осуществить их обучение на наборе данных Places365 [1], который состоит из изображений классов различных типов сцен, с целью оценки точности классификации и быстродействия, после чего выполнить разработку собственной архитектуры сверточной нейронной сети для решения задачи классификации типов внешних сред мобильного робота с целью достижения лучших показателей точности и быстродействия по сравнению с существующими архитектурами.

Анализ современных архитектур сверточных нейронных сетей (классификация)

Наибольшего успеха в области классификации изображений, как уже отмечалось выше, достигли решения, основанные на глубоких сверточных нейронных сетях, в частности на таких архитектурах, как VGG-16 [2], Inception v3 [3], ResNet-50 [4], Inception ResNet v2 [5], MobileNet [6].

Особенностью архитектуры VGG-16 является использование фильтров одинаковой размерности 3x3. Предшествующие архитектуры, в частности архитектура AlexNet [7], состоят из фильтров различной размерности, что позволяет извлекать признаки различного масштаба, но при этом большая размерность фильтров увеличивает вычислительную сложность свертки:

$$O(N^2) = N_k^2 \cdot C_{in}, \quad (1)$$

где N_k – размер фильтра, а C_{in} – количество каналов на входе. Так, например, при использовании фильтра размерностью 5x5 вычислительная сложность свертки соответствует значению $25 \cdot C_{in}$. При этом сохранения масштаба признака, а именно, размерности рецептивного поля, можно добиться за счет использования фильтров размерностью 3x3 на трех последовательных слоях, такой подход позволяет сократить вычислительную сложность до $18 \cdot C_{in}$.

Архитектура Inception v3 является одной из версии семейства архитектур, основанных на совокупности базовых комбинаций фильтров (рис. 1, а). В данной версии снижение вычислительной сложности операции свертки достигается за счет замены фильтра размерностью $n \times n$, последовательностью одномерных сверток размером $n \times 1$ и $1 \times n$. Также стоит отметить, что одним из принципов построения архитектур сверточных нейронных сетей может являться исключение резкого снижения размерности представления данных, и зачастую для этого используются слои подвыборки (англ. pooling layers). Однако при использовании слоев подвыборки необходимо увеличивать глубину выходных данных в два раза за счет использования дополнительной свертки в глубину размерностью 1×1.

Появление семейства архитектур ResNet явилось результатом исследований возможности создания сверточных нейронных сетей большей глубины. Одной из фундаментальных проблем глубокого обучения является затухающий градиент. Для решения этой проблемы разработчики архитектуры ResNet предложили применение остаточной функции в виде остаточного блока (англ. residual block), обосновав его эффективность как эмпирически, так и математически (рис. 2).

Дальнейшим развитием глубоких сверточных нейронных сетей является попытка объединения ключевых идей семейств Inception и ResNet, в результате чего появляется новая более глубокая и эффективная архитектура Inception ResNet v2.

До недавнего времени, несмотря на достаточно высокие показатели точности всех вышеописанных архитектур, возможность их эффективного применения во встраиваемых системах не являлась возможной. Решением проблемы стала идея совместного использования операции свертки в глубину слоя (англ. depthwise convolution), с последующим применением фильтра размерностью 1x1 (англ.

pointwise convolution), данный подход получил название разделяемой свертки в глубину слоя (англ. depthwise separable convolution). При таком подходе происходит уменьшение вычислительной сложности слоя. В формуле (2) отражена вычислительная сложность сверточного слоя без разделения, в формуле (3) – вычислительная сложность разделяемой свертки в глубину слоя. Данный подход явился основополагающим при разработке семейств архитектур MobileNet.

$$O(N^2) = N_k^2 C_{in} N_f^2 C_{out}, \qquad (2)$$

$$O(N^2) = (N_k^2 + C_{out}) N_f^2 C_{in}, \qquad (3)$$

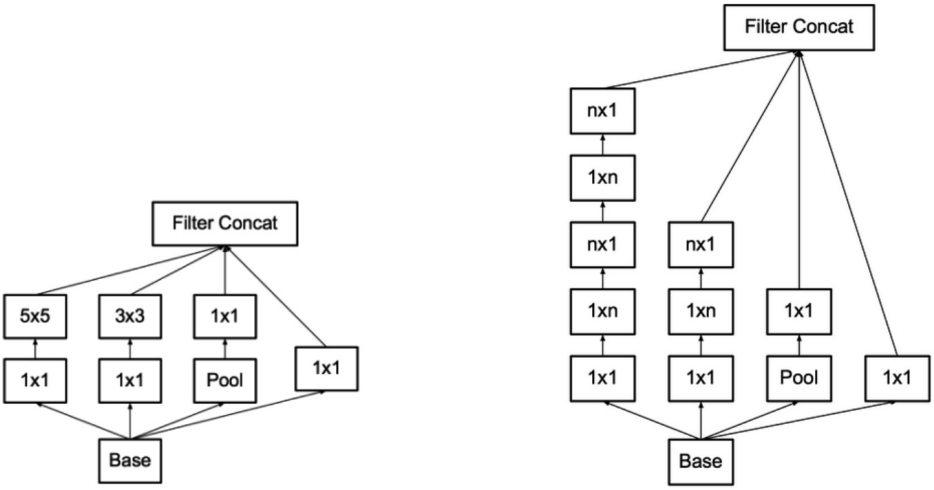
где N_k – размер фильтра, N_f – высота и ширина слоя, C_{in} – количество каналов на входе, C_{out} – количество каналов на выходе.

С целью сравнительного анализа вышеописанных архитектур применительно к решению задачи классификации внешних сред, каждая архитектура обучена на наборе данных Places365 [1]. Данный набор содержит около 1,8 млн изображений, характеризующих 365 типов сцен. В рамках данного исследования выбраны 6 типов сцен, 3 из которых представляют различные урбанистические окружения (завод, моторный отсек, вокзал), а оставшиеся 3 относятся к сценам природы (пляж, поле, лес). При этом тестовая выборка составляет 20% от всего объема изображений, оставшиеся данные разделены в соотношении 30% и 70% на валидационную и обучающую выборку соответственно. Параметры обучения приведены в табл. 1.

Точность классификации (англ. accuracy) рассчитана по формуле (4). Результаты оценки точности приведены в табл. 2, время обработки оценивалось на графическом процессоре Nvidia GTX 1080ti.

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, \qquad (4)$$

где *TP* (англ. True Positives) – верно положительный результат, *TN* (англ. True Negatives) – верно отрицательный результат, *FP* (англ. False Positive) – ложноотрицательный результат (ошибка второго рода), *FN* (англ. False Negative) – ложноположительный результат (ошибка первого рода).



а) *б)*

Рис. 1. Особенности архитектур семейства Inception: а) базовая комбинация фильтров в Inception v1; б) базовая комбинация фильтров в Inception v3 [3]

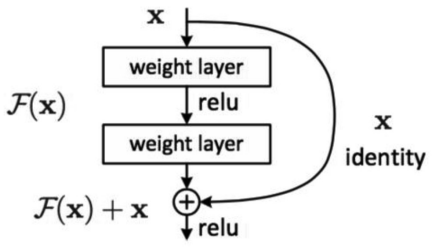


Рис. 2. Структура остаточного блока (residual block) семейства архитектур ResNet [4]

Таблица 1

Параметры обучения

Число шагов	Размер минибатча	Алгоритм оптимизации	Начальный темп обучения	Момент	Коэффициент затухания
8,7 тыс.	32	SGD	0,01	0,9	10^{-3}

Таблица 2

Показатели точности и времени обработки алгоритмов классификации внешних сред

Название модели	Количество параметров сети, млн	Top1 accuracy,%	Время обработки, мс
VGG-16	138	69,0	8,2
ResNet-50	25	71,1	11,1
Inception v3	23	77,2	16,9
Inception ResNet v2	55	**79,9**	34,6
MobileNet v2	4	75,9	**6,4**

Таким образом, видно, что лучшим показателем точности обладает алгоритм классификации на основе наиболее глубокой архитектуры Inception ResNet v2, однако ее размер негативно отражается на времени исполнения данного алгоритма. При этом наименьшее время исполнения показал алгоритм на основе архитектуры MobileNet v2 с точностью на 4% меньшей Inception ResNet v2. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований в этом направлении с целью достижения лучших показателей производительности и точности классификации по сравнению с рассматриваемыми архитектурами.

Разработка архитектуры сверточной нейронной сети

Одной из основных характеристик системы визуальной навигации мобильного робота является быстродействие, соответственно, при разработке архитектуры сверточной нейронной сети, предназначенную для классификации наблюдаемых типов сцен мобильным роботом, необходимо руководствоваться принципами, позволяющими получить наименьшую вычислительную сложность при достаточной точности распознавания.

Анализ принципов построения современных архитектур показал следующее:

1) разделяемые свертки в глубину слоя позволяют уменьшить вычислительную сложность сети, при незначительных потерях в точности;

2) остаточные блоки позволяют избежать проблемы затухающего градиента;

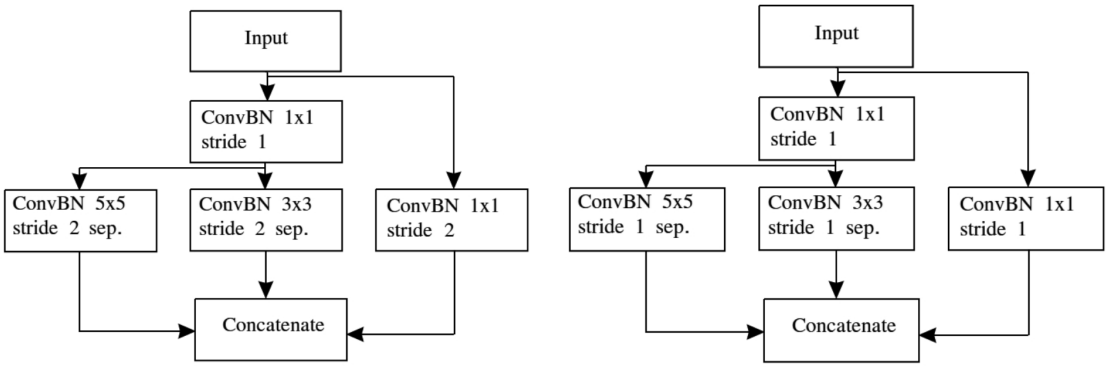
3) объединение результатов применения сверток разного размера на одном уровне параллелизма позволяет извлечь признаки различного масштаба.

Основываясь на этих принципах, сформированы два основных блока сверточной нейронной сети: Pooling-блок и MobileInception-блок.

Pooling-блок (рис. 3, а) осуществляет двукратное понижение пространственных размеров входных данных. Использование свертки 1×1 в остаточной связи позволяет снижать пространственные размеры входных данных. Помимо этого количество фильтров 1×1 в сверточном слое, а также в разделяемых свертках в глубину слоя 3×3 и 5×5 определяют глубину выходных данных. Глубина выходных данных увеличивается в четыре раза на первых двух Pooling-блоках сети и в три раза на третьем и четвертом блоках, что позволяет снизить вычислительную сложность.

В свою очередь MobileInception-блок (рис. 3, б) извлекает признаки входных данных различного масштаба. Как и в предыдущем блоке, размер выходных данных определяется количеством фильтров. Свертка 1×1 на входе блоков применена для снижения размерности и оптимизации последующего вычисления разделяемой свертки в глубину слоя с большим размером фильтра. Общая архитектура сети приведена в табл. 3.

Программная реализация алгоритма классификации на основе разработанной архитектуры, процедуры обучения и логического вывода осуществляется с использованием нейросетевой библиотеки Keras. Для этого требуется описание архитектуры нейронной сети в терминах последовательности связанных слоев и их параметров, а также описание параметров алгоритма обучения. Параметры обучения приведены в табл. 1.



а) *б)*

Рис. 3. Базовая комбинация фильтров: а) структура Pooling-блока, б) структура MobileInception-блока

Таблица 3

Общая архитектура сверточной нейронной сети

Название слоя	Размер входного тензора	Размер фильтра
ConvBn3x3 stride2	224x224x3	3x3x3x64
Pooling блок	112x112x64	1x1x64x128 3x3x64 separable 5x5x64 separable
2xMobileInception блок	56x56x256	
Pooling блок	56x56x256	1x1x256x256 3x3x128 separable 5x5x128 separable
3xMobileInception блок	28x28x512	
Pooling блок	28x28x512	1x1x512x256 3x3x256 separable 5x5x256 separable
2xMobileInception блок	14x14x768	
Pooling блок	14x14x768	1x1x768x512 3x3x512 separable 5x5x512 separable
MobileInception блок	7x7x1536	
AvgPooling7x7	7x7x1536	~
Dropout 0.35	1x1x1536	~
Dense softmax	1x1x1536	1536x6

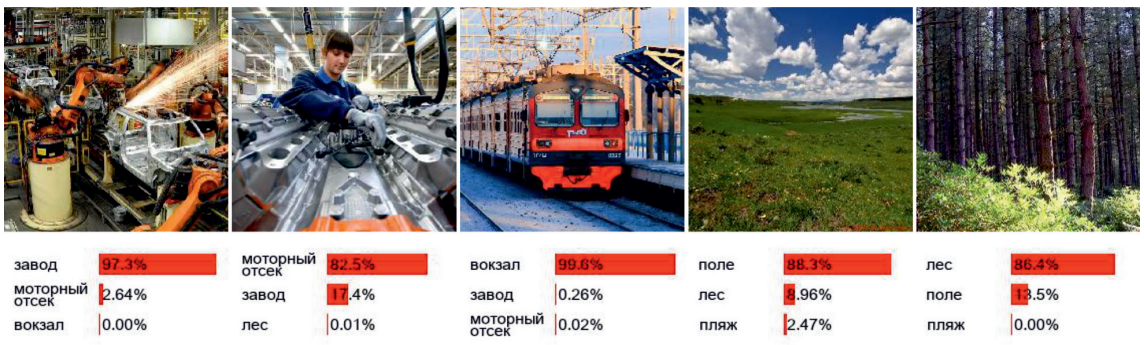


Рис. 4. Примеры классификации типов сцен

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обучения разработанной архитектуры на наборе данных Places365 точность классификации на тестовой выборке составила 79,7%, а время обработки 11,6 мс. Примеры классификации типов сцен приведены на рис. 4 с указанием принадлежности изображения внешней среды к трем классам, вероятность которых наиболее высокая. Сравнивая полученный результат с результатами, приведенными в табл. 2, можно сказать, что точность разработанной архитектуры сопоставима с точностью архитектуры Inception ResNet v2 и значительно превышает точность MobileNet v2. По времени исполнения разработанная архитектура уступает MobileNet v2, при этом превосходит результат Inception ResNet v2.

Заключение

В рамках данного исследования выполнен анализ особенностей современных архитектур, предназначенных для классификации изображений. Разработана собственная архитектура сверточной нейронной сети для решения задачи классификации типов внешних сред мобильного робота с учетом ограничений по вычислительным ресурсам, обеспечивающая точность классификации, сопоставимую с точностью существующих архитектур при большем быстродействии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-58-76003.

Список литературы

1. Zhou B. et al. A. Places: A 10 million image database for scene recognition. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2017. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/7968387/ (accesed 13.07.2018).

2. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556. 2014. URL: https://arxiv.org/abs/1409.1556 (accesed 13 July, 2018).

3. Szegedy C. et al. Rethinking the inception architecture for computer vision. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016. P. 2818–2826.

4. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016. P. 770–778.

5. Szegedy C. et al. Inception-v4, inception-resnet and the impact of residual connections on learning. AAAI. 2017. T. 4. P. 12.

6. Howard A.G. et al. Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. arXiv preprint arXiv:1704.04861. 2017. URL: https://arxiv.org/abs/1704.04861 (accesed 13.07.2018).

7. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Advances in neural information processing systems. 2012. P. 1097–1105.

УДК 621.77.08

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОМБИНАЦИИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОКАТА СОРТОВОГО ГОРЯЧЕКАТАНОГО КРУГЛОГО

Калинина А.В., Дворянинова О.П., Клейменова Н.Л., Назина Л.И., Орловцева О.А.
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: shabanova121294@mail.ru

Настоящая статья посвящена обоснованию выбора статистических методов управления процессами для улучшения производства проката сортового горячекатаного круглого. Современные методы управления позволяют совершенствовать производимую продукцию с наименьшими затратами, улучшать взаимосвязи между производством и потребителем. Целью настоящего исследования является выбор методов оценки процесса управления качеством при производстве проката сортового горячекатаного круглого. Проведен анализ потерь с использованием экспертной оценки производства проката сортового горячекатаного круглого, которые необходимо устранить. Выявлены внутренние и поверхностные дефекты продукции в ходе выполнения различных видов контроля. Анализ технологического процесса производства проката сортового горячекатаного круглого позволяет установить связь между причинами и результатами исследования, которые можно отнести к результатам процесса контроля. Проведенный анализ технологического процесса способствует повышению удовлетворенности потребителя с целью предотвращения возникновения разногласий между ним и исполнителем. Применение контрольной р-карты позволило сделать вывод о том, что процесс производства проката сортового не находится в статистически устойчивом состоянии. Выявлены основные причины появления дефектов производимой продукции, с применением диаграммы разброса определены рациональные технологические режимы нагрева исходной заготовки с целью уменьшения доли дефектов. Таким образом, методы управления качеством, выбранные для использования на каждом этапе совершенствования производственного процесса, представляют собой комбинацию методов управления качеством для его совершенствования.

Ключевые слова: прокат сортовой горячекатаный, прокатка, металлургия, методы управления качеством, инструменты качества

JUSTIFICATION OF THE SELECTION OF THE COMBINATION OF QUALITY MANAGEMENT METHODS IN THE PRODUCTION OF A GRADE SORT

Kalinina A.V., Dvoryaninova O.P., Kleymenova N.L., Nazina L.I., Orlovtseva O.A.
Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: shabanova121294@mail.ru

This article is devoted to the justification of the choice of statistical methods of process control to improve the production of rolled hot-rolled round. Modern management methods allow to improve the products at the lowest cost, improve the relationship between production and consumer. The purpose of this study is to select methods for assessing the quality management process in the production of hot-rolled round bars. The analysis of losses with the use of expert evaluation of production of rolled hot-rolled round bars, which must be eliminated. Internal and surface defects of products were revealed during various types of control. Analysis of the technological process of production of rolled hot-rolled steel allows to establish a connection between the causes and the results of the study, which can be attributed to the results of the control process. The analysis of the technological process helps to increase customer satisfaction in order to prevent disagreements between him and the contractor. The use of the control p-card allowed us to conclude that the production process of long products is not in a statistically stable state. The main reasons for the appearance of defects in the products are revealed, with the use of the scatter diagram, rational technological modes of heating the initial workpiece are determined in order to reduce the proportion of defects. Thus, the quality management methods chosen for use at each stage of improvement of the production process are a combination of quality management methods for its improvement.

Keywords: hot-rolled bars, rolling, metallurgy, methods of quality management, quality tools

На металлургическом предприятии могут применяться несколько различных технологических процессов, которые постоянно необходимо усовершенствовать, при этом прогресс может быть достигнут для каждой операции. Комбинация методов управления качеством выбирается для конкретного технологического процесса с учетом его особенностей. Поэтому актуальным является выбор различных методов управления качеством, используемых на различных этапах усовершенствования технологического процесса.

В данной работе осуществлен выбор методов управления качеством применительно к процессу производства проката сортового горячекатаного круглого. Новизна проведенного исследования заключается в разработке поэтапного совершенствования процесса производства проката, базирующегося на комбинации методов управления качеством и инструментов бережливого производства, наиболее рациональных для данного вида изделий [1].

Целью настоящего исследования является выбор наиболее рациональных методов управления качеством применительно к производству проката сортового горячекатаного круглого.

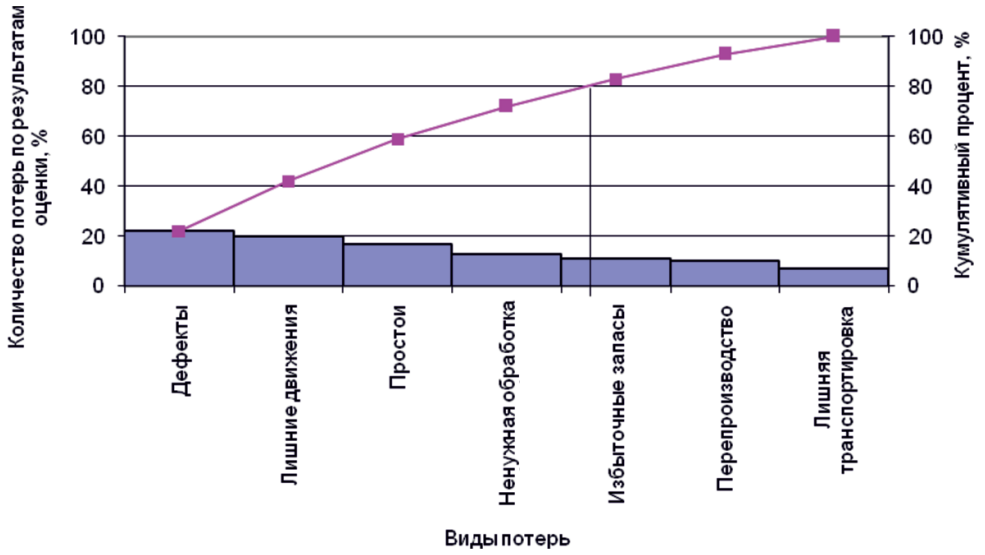


Рис. 1. Виды потерь производства проката сортового горячекатаного круглого

Задачи исследования – оценка потерь, возникающих в ходе производственного процесса изготовления металлопроката; анализ методов управления качеством и проблем при их внедрении; обоснование их выбора.

Материалы и методы исследования

Для совершенствования технологического процесса производства проката сортового горячекатаного круглого проведен анализ потерь, возникающих в ходе производства и реализации с использованием экспертной оценки. Степень выраженности каждого из факторов установлена по заранее выбранной шкале оценок [2, 3]. Определим виды потерь для процесса производства проката сортового горячекатаного круглого (рис. 1).

Таким образом, установлено, что в производственном процессе преобладают потери, связанные с производством дефектной продукции, лишними движениями сотрудников на рабочем месте, связанными с выбором инструментов и приспособлений, а также простоями в работе оборудования.

Необходимо предложить набор наиболее рациональных методов управления качеством для устранения выявленных видов потерь.

Результаты исследования и их обсуждение

Применим экспертную оценку для выбора методов управления качеством и совершенствования технологического процесса производства проката [3]. Результаты экспертной оценки методов управления процессами представлены на рис. 2. В составе экспертной комиссии приняли участие технологи, инженеры по качеству и метрологи в количестве семи человек одного из металлургических комбинатов Центрально-Черноземного района.

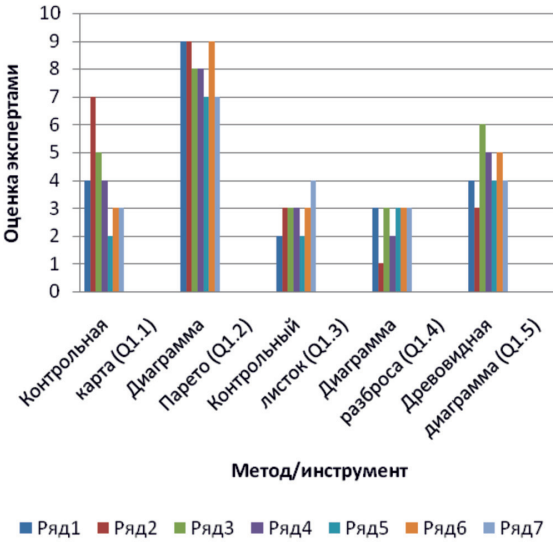


Рис. 2. Применение основных методов управления качеством и инструменты контроля качества

Анализ рисунка показал, что наиболее предпочтительными в данном случае являются: диаграммы Парето, контрольные карты, диаграмма разброса и древовидная диаграмма. Диаграмма Парето позволит выявить наиболее значимый вид дефектов проката; контрольные карты позволят осуществить статистическое управление процессами и своевременное определение необходимости разработки и внедрения корректирующих меро-

приятий; диаграмма разброса позволит определить взаимосвязь параметров технологического процесса и параметров качества продукции; древовидная диаграмма – для систематизации и детализации на различных уровнях показателей качества проката, наиболее значимых для потребителей.

С помощью древовидной диаграммы проведен детальный анализ технических требований к прокату и методов, используемых для их контроля. Данная диаграмма имеет древовидную структуру, элементами которой являются различные способы и методы контроля качества (рис. 3).

Анализ древовидной диаграммы показал, что для потребителей наиболее важными являются внутренние и поверхностные дефекты проката, определяемые в ходе визуального и инструментального контроля, а также в процессе ультразвукового и Магнотест-контроля.

С помощью контрольной карты проанализированы все этапы технологического процесса с целью выявления их статистической стабильности.

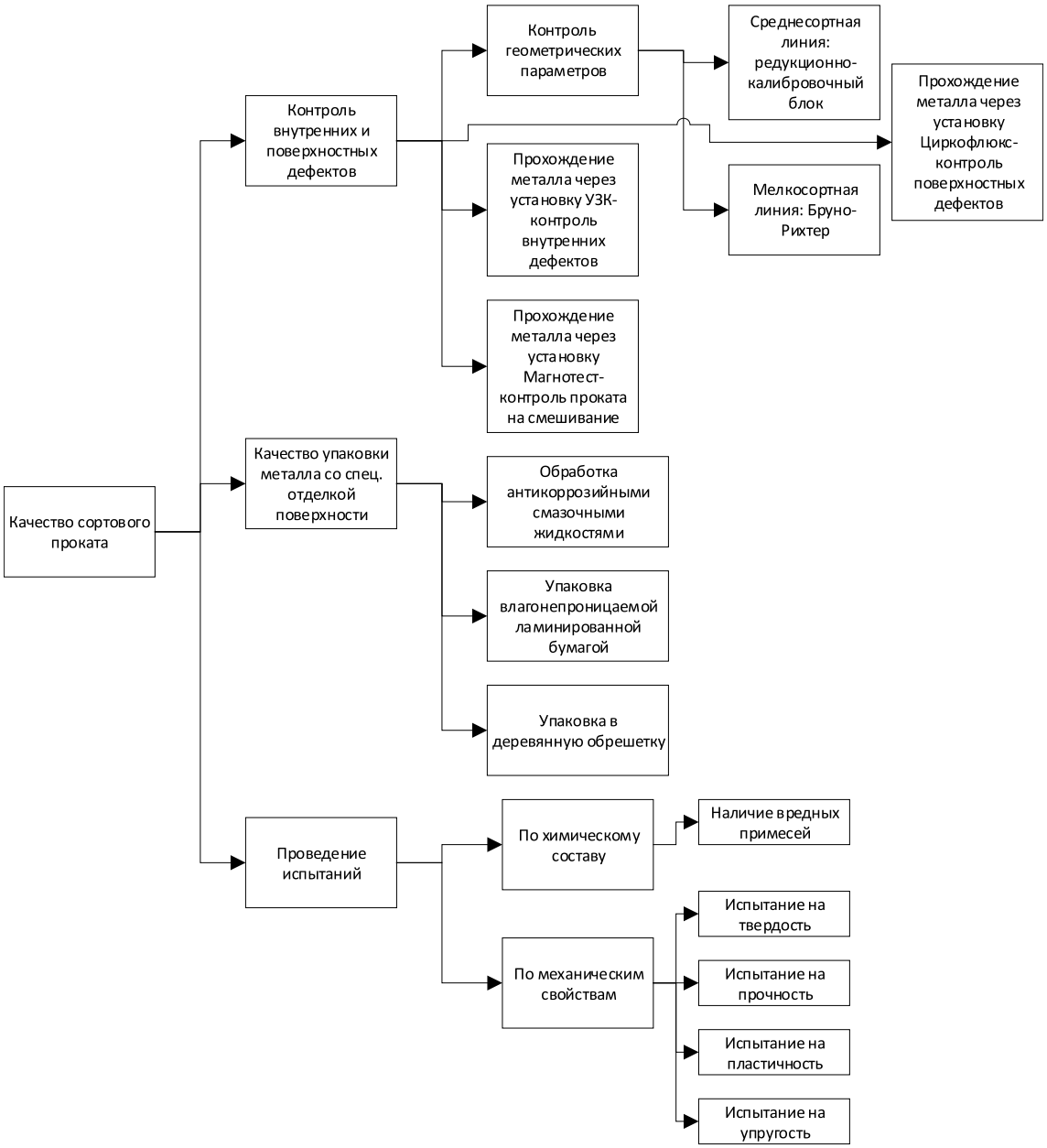


Рис. 3. Древовидная диаграмма качества проката сортового горячекатаного круглого

Метод контрольных карт представляет графический метод оценки степени статистической управляемости процесса с помощью сравнения отдельных статистических данных из групп выборок или подгрупп с контрольными границами. Преимущество контрольных карт заключается в том, что они просты в применении, общедоступны, нетрудоемки в обработке, легки в понимании, оценке и интерпретации. Контрольные карты обеспечивают наглядное представление данных и позволяют отличить изменения, присущие устойчивому процессу, от изменений, вызванных неслучайными причинами [4]. Кроме того, на график карт может наноситься любая переменная, исследуемая характеристика изделия или процесса. В работе выбран вид контрольной карты для качественных признаков: p – карта, в которой используется удельный вес бракованных изделий [5].

Долю бракованных изделий в генеральной совокупности в условиях контролируемого технологического процесса оценивают на основе большого числа выборок:

$$p = N/n,$$

где N – общее число изделий во всех выборках; n – общее число изделий, подвергнутых контролю.

Результаты выборок штанг с дефектом «плена» для проката сортового горячекатаного круглого представлены в табл. 1.

Определены контрольные границы для аппроксимации биномиального распределения, используя нормальное распределение. По результатам расчета построена контрольная карта (рис. 4).

Таблица 1

Результаты выборок штанг с дефектом «плена» проката сортового горячекатаного круглого

Номер выборки	Число штанг с дефектом «плена», на каждые 150 штанг	Номер выборки	Число штанг с дефектом «плена», на каждые 150 штанг
1	4	11	2
2	1	12	4
3	6	13	8
4	3	14	3
5	4	15	5
6	7	16	4
7	3	17	6
8	9	18	5
9	6	19	3
10	5	20	2

Рис. 4. Контрольная карта качественных данных по дефекту «плена» проката сортового горячекатаного круглого

Анализ р-карты позволяет сделать вывод о том, что процесс производства проката сортового не находится в статистически устойчивом состоянии. Точка, соответствующая 15-й выборке, вышла за верхнюю контрольную границу, поэтому необходимо определить причину такого состояния и предпринять корректирующие и предупреждающие действия. В результате исследования было выявлено, что выход точки обусловлен нарушением температурного режима.

Для сбора данных при контроле, как по качественным, так и по количественным признакам, применяются контрольные листки, которые оформляются в виде бланков, заполняемых на рабочих местах при наступлении событий, учет которых ведется. Они служат для проверки определенных нормативных признаков, регистрации возникновения отдельных проблем (дефектов, поломок), отображения частоты наступления измеряемой величины в определенных пределах. В нашем случае контрольный листок заполнялся на наличие таких дефектов, как прокатная плена, раскатанная трещина, риска, закат, заусенец. Данный контрольный листок заполнялся с 1 декабря 2017 г. по 7 декабря 2017 г. (табл. 2).

С помощью диаграммы Парето (рис. 5) установлены основные причины возникновения дефектов прокатной продукции – «плены»: раскатка рванин, глубокая зачистка дефектов, грубое механическое травмировние.

Анализ проведен экспертным методом, в результате сформирована таблица (табл. 3).

Согласно ГОСТ 21014-88 «Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности» рванина представляет собой дефект поверхности в виде раскрытого разрыва, расположенного поперек или под углом к направлению наибольшей вытяжки металла при прокатке или ковке, образовавшийся вследствие пониженной пластичности металла. Основной причиной появления рванин является неправильный режим нагрева исходной заготовки.

Для выявления взаимосвязи между поверхностными дефектами проката и технологическими режимами построена диаграмма разброса, для построения которой взята конкретная марка стали, определены необходимые режимы нагрева исходной заготовки перед прокаткой: выбрана подшипниковая сталь ШХ15-ПВ. Данная марка стали нагревается по четвертому режиму в печах нагрева. Максимальная температура для этого режима 1230 °С. Проверим зависимость появления прокатных «плен» от температуры нагрева с помощью диаграммы разброса, которая представлена на рис. 6.

Анализ полученной диаграммы позволяет сделать следующий вывод о том, что между анализируемыми переменными наблюдается тесная взаимосвязь. Количественная оценка тесноты связи определена при помощи корреляционного анализа, коэффициент линейной корреляции r_{xy} = 0,8718.

Таблица 2

Контрольный листок по видам дефектов проката сортового горячекатаного круглого

ГОСТ 1050-2013	Контрольный листок по видам дефектов	
Предприятие: АО ОЭМК Цех: СПЦ-2 Участок: отделки вне потока	Изделие: прокат сортовой горячекатаный круглый Операция: приемочный контроль Контролер: А.В. Калинина	Количество штанг
Типы дефектов	Данные контроля	ИТОГО
Прокатная плена	/// ///// // / /// ///// /	20
Раскатанная трещина	// /// / / /	8
Риска	// //// //// /// //	15
Закат	/	1
Заусенец	// /// //// ///	12
Прочие	////	4
Всего	//	60

Таблица 3

Виды дефектов

№ п/п	Причины дефектов	Число несоответствий	Кумулятивный процент несоответствий, %
1	Раскатка рванин	69	56,56
2	Глубокая зачистка дефектов	32	82,79
3	Грубое механическое травмировние	11	91,80
4	Некачественная огневая зачистка	5	95,90
5	Прочие	5	100

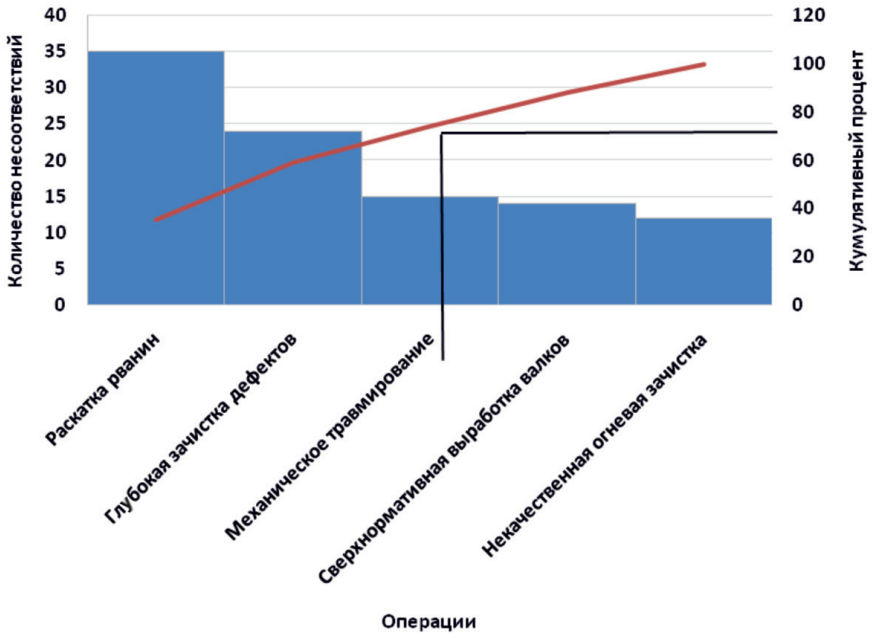


Рис. 5. Диаграмма Парето по причинам возникновения дефекта «плена»

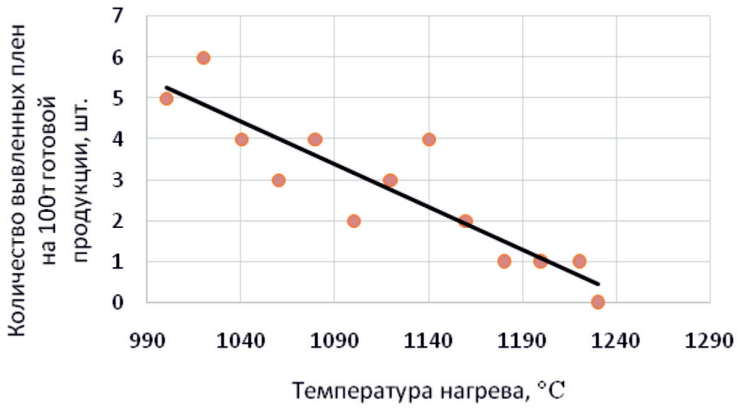


Рис. 6. Диаграмма рассеяния

Выводы

Таким образом, наиболее предпочтительными для анализа производственного процесса изготовления проката сортового горячекатаного являются такие выбранные методы и инструменты управления качеством, как древовидная диаграмма, контрольная карта, контрольный листок, диаграмма Парето, диаграмма рассеяния. Все используемые методы управления качеством обеспечивают устранение причин выявленных потерь продукции в производственном процессе.

Список литературы

1. Назина Л.И., Попов Г.В., Кульнева Н.Г. Статистические методы контроля и управления качеством: курсовое проектирование: учеб. пособие. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 52 с.

2. Клиот Ю.М. Система непрерывного менеджмента как основной инструмент внедрения и практического использования системы менеджмента качества в организациях // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 1. С. 198–205.

3. Краснова Е.А. Система менеджмента качества предприятия и целесообразность внедрения методики учета и анализа затрат на качество // Наука и бизнес: пути развития. 2013. № 1 (19). С. 64–67.

4. Майборода В.П., Азаров В.Н., Панычев А.Ю., Установ Ю.А. Всеобщее управление качеством. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2014. 447 с.

5. Магомедов Ш.Ш., Беспалова Г.Е. Управление качеством продукции. М.: Изд-во АГРАФ, 2014. 260 с.

УДК 004.052.2:629.78

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРЯМОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗ ПОЗИЦИОННОГО КОДА В МОДУЛЯРНЫЙ КОД ДЛЯ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

[1]Калмыков М.И., [1]Степанова Е.П., [1]Ефременков И.Д., [1]Ефимович А.В., [1]Калмыков И.А., [2]Тынчеров К.Т.

[1]ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, e-mail: kia762@yandex.ru;
[2]Филиал ФГАОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Октябрьский

Для эффективного функционирования автоматизированных систем дистанционного контроля и управления экологически опасными объектами, которые располагаются в районах Крайнего Севера, необходимо использовать низкоорбитальные системы спутниковой связи (НССС). Так как орбита НССС не превышает 1500 км, то для обеспечения бесперебойной связи в состав группировки включают до 60 спутников. Так как количество стран и компаний, осваивающих недра Северного Ледовитого океана, постоянно возрастает, то увеличивается и число группировок НССС. Для повышения информационной скрытности НССС и предотвращения навязывания имитированной команды управления целесообразно применять систему аутентификации космического аппарата. Такая система, определив статус аппарата, не предоставит сеанс связи спутнику-нарушителю. Очевидно, что информационная скрытность низкоорбитальной системы спутниковой связи будет определяться протоколом аутентификации. Для сокращения временных затрат на аутентификации спутника используются модулярные коды, в которых вычисления осуществляются параллельно и независимо от друг от друга. Так как данные коды являются непозиционными и работают с вычетами, то первой обязательной операцией является преобразование из позиционного кода в модулярный код. Целью исследований является снижение временных затрат на выполнение прямого преобразования для систем аутентификации космического аппарата, функционирующей в модулярных кодах.

Ключевые слова: система аутентификации космического аппарата, протокол аутентификации, модулярные коды, алгоритмы преобразования из позиционного кода в модулярный код

IMPLEMENTATION OF ALGORITHMS FOR PERFORMING DIRECT CONVERSION OF THE POSITIONAL CODE INTO MODULAR CODE FOR THE AUTHENTICATION SYSTEM OF THE SPACECRAFT

[1]Kalmykov M.I., [1]Stepanova E.P., [1]Efremenkov I.D., [1]Efimovich A.V., [1]Kalmykov I.A., [2]Tyncherov K.T.

[1]Federal State Autonomous Educational Institution Higher Professional Education «North-Caucasian Federal University, Stavropol, e-mail: kia762@yandex.ru;
[2]Branch of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ufa State Petroleum Technological University», Oktyabrskiy

For the effective functioning of automated systems for remote control and management of environmentally hazardous objects, which are located in the Far North, it is necessary to use low-orbit satellite communication systems (LOSCS). Since the orbit of the LOSCS does not exceed 1500 km, up to 60 satellites are included in the constellation to ensure uninterrupted communication. Since the number of countries and companies developing the bowels of the Arctic ocean is constantly increasing, the number of NSSs groups is also increasing. In order to increase the information secrecy of the LOSCS s and prevent the imposition of a simulated command control, it is advisable to use a system of authentication of the spacecraft. Such a system, having determined the status of the device, will not provide a communication session to the satellite-intruder. It is obvious that the information secrecy of the low-orbit satellite communication system will be determined by the authentication Protocol. To reduce the time spent on satellite authentication, modular codes are used, in which calculations are performed in parallel and independently of each other. Since these codes are non-positional and work with deductions, the first mandatory operation is the conversion from the positional code to the modular code. The aim of the research is to reduce the time required to perform a direct conversion for spacecraft authentication systems operating in modular codes.

Keywords: spacecraft authentication system, authentication protocol, modular codes, conversion algorithms from position code to modular code

Так как многие объекты управления размещаются в труднодоступных местах за полярным кругом, то организация с центром управления осуществляется с использованием низкоорбитальных систем спутниковой связи (НССС). Так как число группировок НССС постоянно будет возрастать, то может получиться ситуация, когда в зоне видимости приемной станции спутниковой связи, находящейся на необслуживаемом объекте управления, появится спутник-нарушитель. С целью противодействия навязыванию ранее перехваченной команды управления, в работе [1] предлагается использовать систему аутентификации космического аппарата (КА). Очевидно, что уровень информационной скрытности НССС будет определяться протоколом ау-

тентификации, которые в своем алгоритме используют большие простые числа. Для снижения временных затрат, необходимых на проверку статуса космического аппарата, в работе [2] предлагается использовать модулярные коды (МК). Но прежде чем производить вычисления в МК, необходимо осуществить прямое преобразование из позиционной системы счисления (ПСС) в МК. Поэтому разработка алгоритмов прямого преобразования ПСС-МК, требующих минимальных временных затрат, является актуальной задачей.

Цель исследования: с целью повышения информационной скрытности НССС в системе определения статуса КА используют протоколы аутентификации, которые базируются на доказательстве с нулевым разглашением знаний. Для обеспечения высокой криптостойкости в таких протоколах используются большие простые числа, что приводит к увеличению временных и схемных затрат. Использование МК в протоколах аутентификации КА позволяет повысить скорость вычислений, так как операции сложения, вычитания и умножения выполняются параллельно и с малоразрядными операндами по основаниям p_1, p_2, ..., p_k. Однако для перехода от позиционного кода к модулярному коду необходимо выполнить обязательную операцию – прямое преобразование ПСС-МК, что приводит к увеличению временных затрат. Целью исследований является снижение временных затрат на выполнение прямого преобразования ПСС-МК для систем аутентификации КА, функционирующей в МК.

Материалы и методы исследования

Интеграция свойств модулярных кодов в протоколы аутентификации, использующие доказательство с нулевым разглашением знаний, позволила повысить скорость выполнения определения статуса спутника. Основу МК составляют остатки, которые получаются путем делении целого числа X на основания системы $p_1, p_2, ..., p_k$. Тогда модулярный код имеет вид

$$X = (x_1, x_2, ..., x_k), \tag{1}$$

где $x_i \equiv X \bmod p_i$; $i = 1,...,k$; НОД(p_i, p_j) = 1; $i \neq j$.

Как показано в работах [3–5], непозиционный МК позволяет повысить скорость выполнения модульных операций сложения, вычитания и умножения, так как справедливо

$$\left|X + Y\right|_{p_i}^{+} = (\left|x_1 + y_1\right|_{p_1}^{+}, \left|x_2 + y_2\right|_{p_2}^{+}, ..., \left|x_k + y_k\right|_{p_k}^{+}), \tag{2}$$

$$\left|X - Y\right|_{p_i}^{+} = (\left|x_1 - y_1\right|_{p_1}^{+}, \left|x_2 - y_2\right|_{p_2}^{+}, ..., \left|x_k - y_k\right|_{p_k}^{+}), \tag{3}$$

$$\left|X \cdot Y\right|_{p_i}^{+} = (\left|x_1 \cdot y_1\right|_{p_1}^{+}, \left|x_2 \cdot y_2\right|_{p_2}^{+}, ..., \left|x_k \cdot y_k\right|_{p_k}^{+}), \tag{4}$$

где $x_i \equiv X \bmod p_i$; $y_i \equiv Y \bmod p_i$; $X = \left(x_1, x_2, ..., x_k\right)$ и $Y = \left(y_1, y_2, ..., y_k\right)$ – модулярный код.

При этом набор оснований в МК выбирают так, чтобы операнды X, Y, а также результаты вычислений не выходили за пределы рабочего диапазона, определяемого как

$$P_{\text{раб}} = \prod_{i=1}^{k} p_i. \tag{5}$$

Рассмотрим протокол аутентификации КА, реализованный МК, который использует секретный ключ $U = (u_1, ,..., u_k)$, сеансовый ключ $S(j) = (S_1(j), ..., S_k(j))$, параметр $T(j) = (T_1(j), ..., T_k(j))$, применяемый для проверки повторного использования сеансового ключа, где $U \equiv u_i \bmod p_i$; $S(j) \equiv S_i(j) \bmod p_i$; $T(j) \equiv T_i(j) \bmod p_i$; $i = 1, 2,\ldots, k$. Протокол состоит в следующем.

1. На борту КА происходит вычисление истинного статуса КА, представленного в МК

$$C_i = \left| g^{u_i} g^{S_i(j)} g^{T_i(j)} \right|_{p_i}^{+}, \tag{6}$$

где g – порождающий мультипликативную группу по модулю p_i; $i = 1, 2,\ldots, k$.

2. Затем на борту КА производится «зашумление» параметров протокола

$$u_i^* = \left| u_i + \Delta u_i \right|_{p_i}^{+}; \; S_i^*(j) = \left| S_i(j) + \Delta S_i(j) \right|_{p_i}^{+}; \; T_i^*(j) = \left| T_i(j) + \Delta T_i(j) \right|_{p_i}^{+}. \tag{7}$$

где $\Delta U, \Delta S(j), \Delta T(j)$ – случайные значения; $\Delta U \equiv \Delta u_i \bmod p_i$; $\Delta S(j) \equiv \Delta S_i(j) \bmod p_i$; $\Delta T(j) \equiv \Delta T_i(j) \bmod p_i$; $i = 1, 2,\ldots, k$.

3. На борту КА определяется зашумленный статус космического аппарата в МК

$$C_i^* = \left| g^{u_i^*} g^{S_i^*(j)} g^{T_i^*(j)} \right|_{m_i}^{+}. \tag{8}$$

4. При аутентификации КА запросчик передает случайное число $d = (d_1,\ldots, d_k)$.
5. Спутник, получив «вопрос» $d = (d_1,\ldots, d_k)$, вычисляет ответы на него

$$r_i\ (1) = \left|u_i^* - d_i\, u_i\right|^+_{\varphi(p_i)};\ r_i\ (2) = \left|S_i^*(j) - d_i\, S_i\ (j)\right|^+_{\varphi(p_i)};\ r_i\ (3) = \left|T_i^*(j) - d_i\, T_i\ (j)\right|^+_{\varphi(p_i)}. \quad (9)$$

6. Спутник, передает запросчику истинный и зашумленный статусы, а также ответы на поставленный «вопрос» d.
7. Запросчик производит аутентификацию КА согласно

$$Y_i = \left|C_i^{d_i}\, g^{r_i\ (1)} g^{r_i\ (2)} g^{r_i\ (3)}\right|^+_{p_i}. \quad (10)$$

Если полученный результат совпадает с зашумленным статусом, то запросчик считает спутник «своим».

Очевидно, что для осуществлений вычислений в МК необходимо выполнить прямое преобразование из ПСС в модулярный код. Известно, что данная операция считается немодульной и ее временные затраты определяются соответствующими алгоритмом [3–5]. Получить остаток числа X по модулю p_i, где $i = 1, 2,\ldots, k$, можно путем простого деления, т.е.

$$x_i = X - \left[X/p_i\right] p_i, \quad (11)$$

где $\left[X/p_i\right]$ – наименьшее целое от деления целого числа X на основание p_i.

Так как модулярный код, который задан взаимно простыми основаниями $p_1, p_2,..., p_k$, представляет собой алгебраическую систему кольца, то в данной системе отсутствует операция деления. Это привело к необходимости разработки алгоритмов вычисления остатка через последовательность модульных операций.

Так, в работе [5] представлен алгоритм вычисления остатка на основании метода уменьшения разрядности. Данный алгоритм базируется на свойствах сравнимости. Представим исходное число X в двоичном коде, где разряды $0 \le X_j \le 1$. Тогда имеем

$$X = X_n 2^n + X_{n-1} 2^{n-1} + X_{n-2} 2^{n-2} + \ldots + X_1\, 2^1 + X_0\, 2^0 = \sum_{j=0}^{n} X_j\, 2^j. \quad (12)$$

Затем вычисляются остатки по модулю p_i каждого веса двоичного кода числа X

$$C_j \equiv X_j \bmod p_i = 2^j \bmod p_i. \quad (13)$$

Полученные значения C_j подставляются вместо степеней двойки в выражение (12). Используя свойство сравнимости, получаем сумму

$$X = X_n C_n + X_{n-1} C_{n-1} + \ldots + X_1\, C_1 + X_0 C_0 \equiv Z_1 \bmod p_i. \quad (14)$$

Очевидно, что полученное значение Z_1 будет иметь меньшую разрядность, чем исходное число X. Затем алгоритм выполняется с числом Z_1. В результате будет получено число Z_2 меньшей размерности, чем Z_1. Алгоритм будет повторяться до тех пор, пока не будет получена сумма, удовлетворяющая условию $Z_L < p_i$. Полученный результат и будет остатком числа X по модулю p_i

$$x_i = Z_L \equiv X \bmod p_i. \quad (15)$$

Основным достоинством данного алгоритма, использующего понижение разрядности, является использование при определении остатка простого позиционного сумматора. Несмотря на простоту схемной реализации, данный алгоритм имеет недостатки:

– значительные временные затраты при большой разрядности операнда X;
– необходимо осуществлять проверку окончания процесса после каждой итерации.

Наряду с алгоритмами с понижением разрядности в вычислительных устройствах, функционирующих в модулярном коде, применяются алгоритмы, использующие методы непосредственного суммирования [3, 4]. В основу данных алгоритмов положено использование констант, которые представляют собой остатки по модулю p_i всех степеней оснований 2^j и коэффициентов при соответствующих степенях оснований X_j, то есть

$$x_i = X \bmod p_i = \left|\sum_{j=0}^{n} X_j \left|2^j\right|^+_{p_i}\right|^+_{p_i}. \quad (16)$$

Тогда последовательный алгоритм преобразования ПСС-МК имеет вид

$$\left|X\right|^+_{p_i} = \left|\left|2^{n-1} a_{n-1}\right|^+_{p_i} + \left|2^{n-2} a_{n-2}\right|^+_{p_i} + \left|2^{n-3} a_{n-3}\right|^+_{p_i} + \ldots + \left|2^1 a_1\right|^+_{p_i} + \left|2^0 a_0\right|^+_{p_i}\right|^+_{p_i}. \quad (17)$$

Структурная модель, реализующая алгоритм (17), показана на рис. 1.

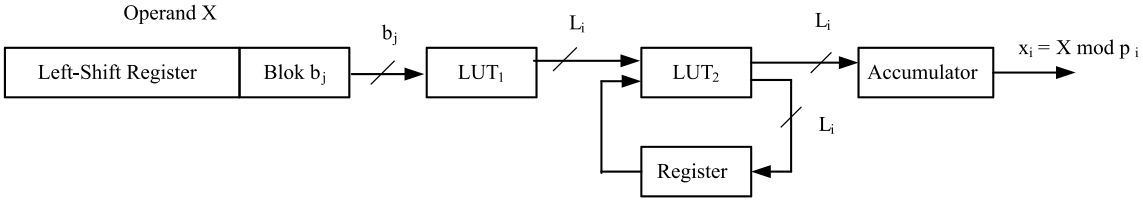


Рис. 1. Структурная модель выполнения последовательного алгоритма ПСС-МК

Операнд X, представленный в ПСС, записывается в регистр сдвига на b_j разрядов, где $b_j = 1,...,L_i = \lceil \log p_i \rceil$. Блок из b_j разрядов поступает на первую просмотровую таблицу (LUT_1), с выхода которой снимается значение остатка по модулю p_i степеней оснований 2^j при соответствующих значениях коэффициентов X^j. Вторая просмотровая таблица (LUT_2) выполняет последовательное вычисление остатка по модулю p_i. Промежуточный результат записывается в регистр (Register). По окончанию алгоритма вычисленное значение остатка числа X по модулю p_i подается в аккумулятор (Accumulator), а затем на выход. При реализации алгоритма (17) время вычисления остатка числа по модулю составит

$$T^1_{\text{ПСС– СОК}} = t_{LUT}\, n/b_j + t_{ACC}, \tag{18}$$

где t_{LUT} – время выборки из LUT-таблицы; t_{ACC} – время срабатывания аккумулятора.

Основным достоинством последовательного алгоритма вычисления остатка числа X по модулю являются низкие схемные затраты на реализацию прямого преобразования ПСС-МК. Однако данный алгоритм имеет недостаток – значительные временные затраты, которые увеличиваются при увеличении разрядности операнда X.

С целью устранения данного недостатка был модифицирован алгоритм параллельного определения остатка на основе распределенной арифметики. Для этого двоичный код числа разбивается на блоки, состоящие из B разрядов

$$\begin{aligned} |X|^+_{p_i} &= (\left|2^n a_n + ... + 2^{n-B} a_{n-B}\right|^+_{p_i} + \left|2^{n-B-1} a_{n-B-1} + ... + 2^{n-2B} a_{n-2B}\right|^+_{p_i} + \\ &+ ... + \left|2^{B-1} a_{B-1} + ... + 1\right|^+_{p_i}) \bmod p_i = (B_L + B_{L-1} + ... + B_1) \bmod p_i . \end{aligned} \tag{19}$$

Затем определяются остатки по модулю каждого из блоков $B_1,\ldots, B_L$ согласно

$$\begin{aligned} \left|B_1\right|^+_p &= \left|2^{B-1} a_{B-1} + ... + 2^0 a_0\right|^+_p = \left|\left|2^0\right|^+_p (a^1_{B-1} + ... + a^1_0)\right|^+_p , \\ &\vdots \\ \left|B_L\right|^+_p &= \left|2^n a_n + ... + 2^{n-B} a_{n-B}\right|^+_p = \left|\left|2^{n-B}\right|^+_p (a^L_{B-1} + ... + a^L_0)\right|^+_p , \end{aligned} \tag{20}$$

где $2^{(j+1)B-1} a_{B-1} + ... + 2^{jB} a_B = 2^{jB}(a^j_{B-1} + ... + a^j_0)$; $(a^j_{B-1} + ... + a^j_0)$ – двоичный код B_j блока.

На рис. 2 представлена структурная модель, реализующая модифицированный алгоритм параллельного определения остатка на основе распределенной арифметики (20). Временные затраты при использовании модификации алгоритма (20) составят

$$T_{FC} = t_{LUT} + t_{LUT} \times \log_2 \lceil n/B \rceil, \tag{21}$$

где B – размер блока; n – размер входного операнда; t_{LUT} – время выборки из LUT-таблицы.

Результаты исследования и их обсуждение

Пусть необходимо вычислить остаток числа $X = 32015$ по модулю $p = 17$. Представим в двоичном коде число $X = 32015 = 0111\ 1101\ 0000\ 1111_2$. Воспользуемся последовательным алгоритмом (12) при длине блока $b_j = 1$. Тогда получаем

$$\begin{aligned} |32015|^+_{17} &= |1111101000111|^+_{17} = \left|2^{14} + 2^{13} + 2^{12} + 2^{11} + 2^{10} + 2^8 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 1\right|^+_{17} = \\ &\left|\left|2^{14}\right|^+_{17} + \left|2^{13}\right|^+_{17} + \left|2^{12}\right|^+_{17} + \left|2^{11}\right|^+_{17} + \left|2^{10}\right|^+_{17} + \left|2^8\right|^+_{17} + \left|2^3\right|^+_{17} + \left|2^2\right|^+_{17} + \left|2^1\right|^+_{17} + \left|2^0\right|^+_{17}\right|^+_{17} = 4. \end{aligned}$$

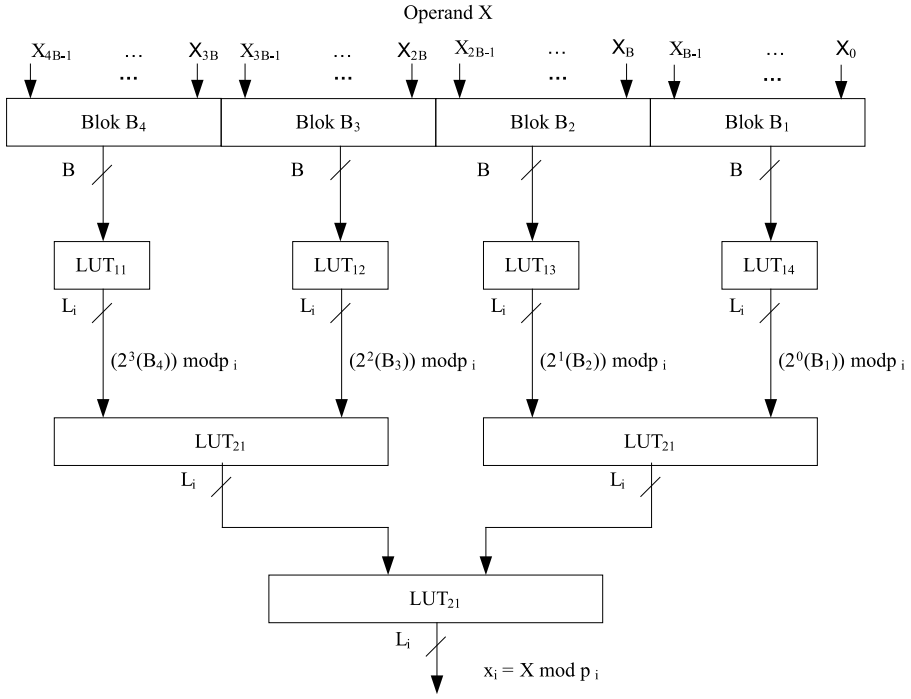


Рис. 2. Структурная модель, реализующая алгоритм (20) ПСС-МК

Согласно (18) время вычисления остатка при условии $t_{LUT} = t_{ACC}$ составит

$$T^1_{\text{ПСС–СОК}} = 2t_{LUT}\, n/b_j + t_{ACC} = 16t_{LUT}/1 + t_{LUT} = 17t_{LUT}.$$

Сократим время вычисления остатка, увеличив размерности блока $b_j = 2$. В этом случае число $X = 32015_{10} = 01\ 11\ 11\ 01\ 00\ 00\ 11\ 11_2$. Тогда

$$|32015|^+_{17} = \left|\left|1\cdot 2^{14}\right|^+_{17} + \left|3\cdot 2^{12}\right|^+_{17} + \left|3\cdot 2^{10}\right|^+_{17} + \left|1\cdot 2^{8}\right|^+_{17} + \left|3\cdot 2^{2}\right|^+_{17} + \left|3\cdot 2^{0}\right|^+_{17}\right|^+_{17} =$$

$$= \left|\left|1\cdot 13\right|^+_{17} + \left|3\cdot 16\right|^+_{17} + \left|3\cdot 4\right|^+_{17} + \left|1\cdot 1\right|^+_{17} + \left|3\cdot 4\right|^+_{17} + \left|3\cdot 1\right|^+_{17}\right|^{+\ +}_{1717} = 4.$$

В этом случае время вычисления остатка составит

$$T^1_{\text{ПСС–СОК}} = t_{LUT}\, n/b_j + t_{ACC} = 16t_{LUT}/2 + t_{LUT} = 9t_{LUT}.$$

Рассмотрим модифицированный алгоритм параллельного определения остатка на основе распределенной арифметики (15). Двоичный код числа $X = 32015$ разобьем на блоки по $B = 4$ бит. Тогда получаем $X = 32015 = 0111\ 1101\ 0000\ 1111$. В результате получили 4 числа $B_4 = 7$, $B_3 = 13$, $B_2 = 0$, $B_1 = 15$. Тогда остаток по модулю 17 будет равен

$$|32015|^+_{17} = \left|\left|7\cdot 2^{12}\right|^+_{17} + \left|13\cdot 2^{8}\right|^+_{17} + \left|0\cdot 2^{4}\right|^+_{17} + \left|15\cdot 2^{0}\right|^+_{17}\right|^+_{17} =$$

$$= \left|\left|7\cdot 16\right|^+_{17} + \left|13\cdot 1\right|^+_{17} + \left|0\cdot 16\right|^+_{17} + \left|15\cdot 1\right|^+_{17}\right|^+_{17} = \left|10+13+0+15\right|^+_{17} = 4.$$

Временные затраты при использовании модификации алгоритма (20) составят

$$T_{FC} = t_{LUT} + t_{LUT} \times \log_2 \lceil n/B \rceil = 3t_{LUT}.$$

Проведенные исследования показали, что использование модификации алгоритма параллельного определения остатка на основе распределенной арифметики позволяет обеспечить максимальную скорость вычисления остатка числа. Применение данного алгоритма при обработке 16-разрядных операндов позволило сократить временные затраты в 5,67 раз по сравнению с последовательным алгоритмом (17) при $b_j = 1$ и в 3 раза – при использовании длины блока, равной $b_j = 2$.

Заключение

Для снижения временных затрат, необходимых на проверку статуса космического аппарата, используются модулярные коды. Но прежде чем будет выполняться протокол аутентификации в МК, необходимо осуществить прямое преобразование из позиционной системы счисления в МК. Поэтому разработка алгоритмов прямого преобразования ПСС-МК, требующих минимальных временных затрат, является актуальной задачей. В статье представлена модификация алгоритма параллельного определения остатка на основе распределенной арифметики. Проведенные исследования показали, что применение данного алгоритма при обработке 16-разрядных операндов позволило сократить временные затраты в 5,67 раз по сравнению с последовательным алгоритмом при $b_j = 1$ и в 3 раза – при использовании длины блока равной $b_j = 2$. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности разработанного алгоритма прямого преобразования в системах аутентификации космического аппарата, функционирующего в модулярных кодах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-07-01020.

Список литературы

1. Калмыков И.А., Вельц О.В., Калмыков М.И. Алгоритм имитозащиты для системы удаленного мониторинга и управления критическими технологиями // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 2 (151). С. 181–187.

2. Pashintsev, V.P., Zhuk, A.P., Rezenkov, D.N. Application of spoof resistant authentication protocol of spacecraft in low earth orbit systems of satellite communication. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. № 9 (5). P. 958–965.

3. Червяков Н.И., Коляда А.А., Ляхов П.А. Модулярная арифметика и ее приложения в инфокоммуникационных технологиях. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. 400 с.

4. Ananda Mohan Residue Number Systems. Theory and Applications. Springer International Publishing Switzerland, 2016. 734 p.

5. Omondi A., Premkumar B. Residue Number Systems: Theory and Implementation. Imperial College Press. UK, 2007. 657 p.

УДК 004.942

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Кобрунов А.И., Дорогобед А.Н., Кожевникова П.В.

ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта, e-mail: aira_dark@list.ru

Петрофизические связи между физико-геологическими параметрами рассматриваются как связи между нечеткими величинами. Таковы базовые свойства результатов реальных экспериментальных петрофизических исследований. Формой их представления служат нечеткие отношения, которые называются нечеткой петрофизической моделью. Петрофизическая модель служит основой для создания технологий прогнозирования физико-геологических параметров, которые в условиях нечетких исходных данных и нечетких петрофизических моделей являются пространственно распределенными нечеткими переменными. Результат прогнозирования – нечеткая физико-геологическая модель является объективным результатом, отражающим реальные свойства и полноту исходных данных и неопределенности в правилах прогнозирования. Конструирование нечеткой петрофизической модели основано на создании функций принадлежности отношений для нечетких отношений на основе реальных данных. Описываются методы их построения. Для конструирования функций принадлежности используется экспоненциальный закон как имеющий максимальную энтропию и в большей степени освобожденный от субъективного упорядочения данных. Решается вопрос о выборе оптимального эффективного параметра рассеяния, для чего используется анализ α-сечений функций принадлежности. Задача установления зависимости между исходными и итоговыми параметрами в форме нечеткого отношения по цепочке отношений, содержащих промежуточные параметры, решается на основе метода нечеткого логического вывода (композиции Мамдани). В работе представлены практические эксперименты по построению нечетких петрофизических моделей.

Ключевые слова: нечеткое моделирование, петрофизические зависимости, нечеткий логический вывод, неоднородность данных, достоверность

MATHEMATICAL MODELING OF FUZZY PETROPHYSICAL DEPENDENCIES

Kobrunov A.I., Dorogobed A.N., Kozhevnikova P.V.

Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: aira_dark@list.ru

Petrophysical relations between physical and geological parameters are considered as connections between fuzzy values. These are the basic properties of the results of real experimental petrophysical studies. The form of their representation is fuzzy relations, which are called fuzzy petrophysical model. The petrophysical model serves as the basis for the development of technologies for predicting physical and geological parameters, which are spatially distributed fuzzy variables in the conditions of fuzzy initial data and fuzzy petrophysical models. The result of the prediction-fuzzy physical-geological model is an objective result that reflects the real properties and completeness of the original data and uncertainty in the rules of forecasting. The construction of a fuzzy petrophysical model is based on the creation of relationship membership functions for fuzzy relations based on real data. The methods of their construction are described. To construct the membership functions, an exponential law is used as having the maximum entropy and more freed from the subjective ordering of data. The problem of choosing the optimal effective scattering parameter is solved, for which the analysis of α-sections of the membership functions is used. The problem of establishing the dependence between the initial and final parameters in the form of a fuzzy relationship along the chain of relations containing intermediate parameters is solved on the basis of the fuzzy logical inference method (Mamdani's composition). The paper presents practical experiments on the construction of fuzzy petrophysical models.

Keywords: fuzzy modeling, petrophysical dependences, fuzzy logic conclusion, data heterogeneity, reliability

В настоящее время особо актуален комплекс задач математического моделирования изучаемых геологических объектов нефтегазовой геологии. В частности, построение трехмерных геологических моделей месторождения. Основной информацией для построения качественной трехмерной модели являются достоверные и качественные результаты интерпретации ГИС-параметров.

Традиционно для построения петрофизической модели применяются методы статистической обработки информации [1] и выполняется замена экспериментального материала рассчитанными законами и определенной интегральной, единой для всей зависимости, оценкой меры тесноты зависимости. В соответствии с установленным методом, далее полученный закон в форме уравнений зависимости между параметрами переносится на исследуемый объект. При этом важно знать: какова неопределенность конечного прогноза, включающая всю цепочку участвующих в прогнозе преобразований. Данная информация является необходимой для снижения технико-экономических рисков, связанных с формированием проекта разработки месторождения. Необходимо пересчитывать неопределенности в данных

и зависимостях в итоговую неопределенность прогнозных параметров. Статистические методы построения петрофизических моделей не дают такой возможности, поэтому данный путь нередко считается основой ошибочных геологических заключений о ресурсах и запасах углеводородного сырья регионов [2, 3].

Выходом в данной ситуации является построение нечетких петрофизических моделей, которые позволяют отражать нечеткость исходных данных, и использование методов нечеткого прогнозирования.

Метод нечеткого прогнозирования параметров геологической модели является альтернативой методики построения прогноза определяемых по ГИС параметров, основанной на использовании корреляционных связей. Обобщенная технологическая схема нечеткого прогнозирования основана на нечетких петрофизических моделях и теоретических принципах нечеткого логического вывода, выраженного в построении композиций Мамдани и нечётких композиций в целом.

В таблице приводится соответствие между действиями в методах на основе традиционного регрессионного анализа и их условных аналогов в технологии нечеткого прогнозирования.

Цель исследования: демонстрация таких компонент технологии нечеткого прогнозирования, как построение нечетких петрофизических моделей нефтепромысловых параметров в условиях неопределенности и построение композиций.

Материалы и методы исследования

Исходные геолого-геофизические данные для построения нечетких петрофизических композиций были получены по скважинам Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, к ним относятся одновременно измеренные значения параметров пористости и проницаемости (рис. 1, а), проницаемости и остаточной водонасыщенности (рис. 1, б).

Первым этапом является представление исходных данных $\boldsymbol{s} = \{s_1, s_2, s_3 \ldots s_i;\ i = 1 \ldots N\}$ в форме нечетких отношений – построении нечеткой петрофизической модели, основанное на конструировании функции принадлежности.

Для отношения «Пористость – Проницаемость» исходные данные $\boldsymbol{s} = \{К_п, К_{пр}\}$. Для отношения «Проницаемость – Остаточная водонасыщенность» исходные данные $\boldsymbol{s} = \{К_{пр}, К_{ов}\}$.

Исходные данные покрываются сеткой и рассчитывается: сколько данных попало в каждую ячейку сетки (рис. 2), затем задается уровень погрешности и по невязке определяется необходимое количество источников данных:

$$\max_{\Delta S \in S} \left| \mathfrak{A}^{\varepsilon}(\boldsymbol{s})\Delta S - \mathfrak{A}(\Delta S) \right| \le \varepsilon.$$

Функция принадлежности $\mu_{\mathfrak{A}}(\boldsymbol{s})$ рассчитывается как нормированное к единице поле рассеяния $\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\boldsymbol{s})$:

$$\mu_{\mathfrak{A}}(\boldsymbol{s}) = \frac{\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\boldsymbol{s})}{\max\limits_{\boldsymbol{s}}[\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\boldsymbol{s})]}.$$

Технологическая таблица соответствий

Традиционная регрессионная схема	Метод нечеткого прогнозирования	Примечание
Уравнение регрессии $y = f(x)$	Функция принадлежности $\mu(x, y)$	Поле достоверности данных используется вместо выборки вдоль линии регрессии
Подстановка в уравнение $z = \varphi(y)$ уравнения $y = f(x): z = \varphi(f(x))$	Композиция $\mu(x,z) = \max\limits_{y} \min[\mu(x,y), \mu(y,z)]$	Нечеткая петрофизическая модель отражает реальные данные, используется вместо идеализированной зависимости между переменными
Прогноз по значениям x_i величин $z_i = \varphi(f(x_i))$	Прогноз функции принадлежности $\mu(z_i) = \max\limits_{x_i} \min[\mu(x_i), \mu(x_i, z_i)]$	Вместо прогнозного значения выбранного из $z_i = \varphi(f(x_i))$ вводится нечеткая модель реальных измерений $\mu(x_i)$ и прогнозируется поле достоверности итогового параметра z_i
Замена переменных в уравнении петрофизической модели $y = f(x)$ на новую переменную $z = \varphi(y)$ (расчет z по y)	$\mu(x, z) = \mu(y, x) * G[z, \varphi(y)]$	$G[z, \varphi(y)]$ – надграфик для $z = \varphi(y)$, представляющий собой на плоскости переменных X, Y множество точек $\{z, \varphi(y)\}$. Частный случай композиции $\mu(x,z) = \max\limits_{y} \min[\mu(x,y), \mu(y,z)]$

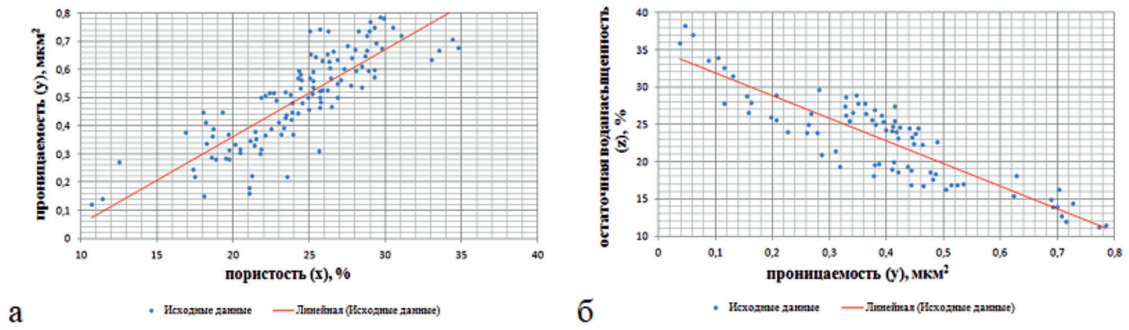


Рис. 1. Исходные данные: а) Отношение «Пористость – Проницаемость»; б) Отношение «Проницаемость – Остаточная водонасыщенность»

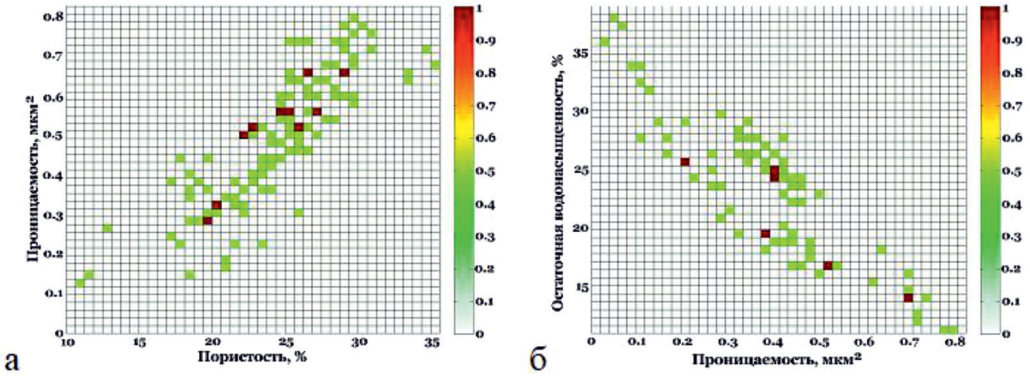


Рис. 2. Карта плотности данных: а) Отношение «Пористость – Проницаемость»; б) Отношение «Проницаемость – Остаточная водонасыщенность». Цветовая палитра отображает, сколько данных находится в каждой ячейке сетки

Поле рассеяния имеет смысл диффузионного рассеяния в бесконечном однородном пространстве параметров точечных источников и рассчитывается по формуле

$$\mathfrak{A}^{\varepsilon}(\boldsymbol{s}) = \frac{1}{\zeta\sqrt{2\pi}} \sum_{k=1}^{K} \varphi(\boldsymbol{h}^k) e^{\left[-\frac{|\boldsymbol{h}^k - \boldsymbol{s}|}{2\zeta^2}\right]},$$

где $\boldsymbol{h}^k$ – координаты расположения источников, $\varphi(\boldsymbol{h}^k)$ – значения источников, ζ – значение эффективного параметра рассеяния [4]. Эффективный параметр отвечает за размытие функций принадлежности.

Результаты представления исходных данных в форме нечетких отношений для петрофизических зависимостей «пористость – проницаемость» и «проницаемость – остаточная водонасыщенность» представлены на рис. 3.

Ключевым моментом при построении функций принадлежности является подбор значения эффективного параметра. Для этого был разработан анализ α-сечений функций принадлежности. Анализ заключается в построении функций принадлежности при разных значениях эффективного параметра и графиков зависимости относительной меры (площади, занимаемой частью функции принадлежности, которая имеет достоверность выше уровня α) от параметра α. При небольших значениях эффективного параметра данная зависимость имеет характер ломаной линии, при увеличении параметра зависимость начинает плавно убывать. Оптимальным значением эффективного параметра является наименьшее значение, при котором зависимость относительной меры от параметра α плавно убывает.

На рис. 4 приведены графики зависимости относительной меры от параметра α для функций принадлежности «Пористость – Проницаемость», построенных при значениях эффективного параметра, меняющегося от 1 до 2 с шагом 0,25. Оптимальным эффективным параметром в данном случае является значение 1,5.

Коэффициент нефтенасыщенности месторождения определялся расчетным путем по формуле $К_н = 1 - К_{ов}$. При этом коэффициент водонасыщенности определялся по зависимости $К_в = f(К_п)$, полученной по данным керна. Построение взаимосвязи $К_в = f(К_п)$ реализуется через промежуточный параметр проницаемости ($К_{пр}$).

Процедура построения нечеткой петрофизической модели для зависимости «Пористость – Проницаемость» называется композицией. Логически непротиворечиво и математически корректно сделать это можно многими способами. Вот некоторые из них: Максминная нечёткая свёртка (композиция) или правило нечеткого логического вывода Мамдани [5], Max-prod композиция, Min-max композиция, Max-

max композиция, Min-min композиция, Min-average композиция. Именно композиция Мамдани, теоретически обоснованная адекватности алгебраическим операциям с матрицами, берется за основу в конструировании методов нечеткого прогнозирования.

При выборе построения композиций нечетких отношений решаются две задачи:

– во-первых, задача исключения зависимых нечетких переменных при конструировании нечеткой петрофизической модели. В нашем случае это означает нахождение нечеткой петрофизической модели $\mu_{\mathfrak{A}\times\mathfrak{M}}$ ($К_п$, $К_в$), связи параметров ($К_п$, $К_в$) по известным нечетким отношениям $\mu_{\mathfrak{A}}$ ($К_п$, $К_{пр}$) и $\mu_{\mathfrak{M}}$ ($К_{пр}$, $К_{ов}$).

При этом для «четкого» случая, композиции нечетких отношений эквивалентны операциям подстановки для обычных функций.

Так, между двумя двухмерными функциями принадлежности $\mu_{\mathfrak{A}}$ ($К_п$, $К_{пр}$) и $\mu_{\mathfrak{M}}$ ($К_{пр}$, $К_{ов}$) может быть построена следующая композиция (Мамдани):

$$\mu_{\mathfrak{A}\times\mathfrak{M}}(К_п, К_в) = \max_{К_{пр}}\left[\min\left(\mu_{\mathfrak{A}}(К_п, К_{пр}), \mu_{\mathfrak{M}}(К_{пр}, К_{ов})\right)\right],$$

которая аналогична матричному умножению. Это правило аналогично подстановке в обычное четкое уравнение, между парой четких переменных ($К_п$, $К_{пр}$) уравнения, между другой парой переменных ($К_{пр}$, $К_{ов}$), с целью исключить из результата переменную $К_{пр}$ и получить уравнение связи между ($К_п$, $К_в$).

Композиция нечетких отношений «Пористость – Проницаемость» и «Проницаемость – Остаточная водонасыщенность», в результате которой получаем нечеткое отношение «Пористость – Остаточная водонасыщенность», представлена на рис. 5;

– во-вторых, композиции нечеткого отношения с надграфиками функций. Эта операция называется заменой переменных. В нашем случае переход от параметра водонасыщенности к параметру нефтенасыщенности с помощью линейной обратной зависимости.

Композиция нечеткого отношения «Пористость – Остаточная водонасыщенность» и надграфика функции Кн = 1 – Ков, в результате которой получаем нечеткое отношение «Пористость по керну – Нефтенасыщенность», представлена на рис. 6.

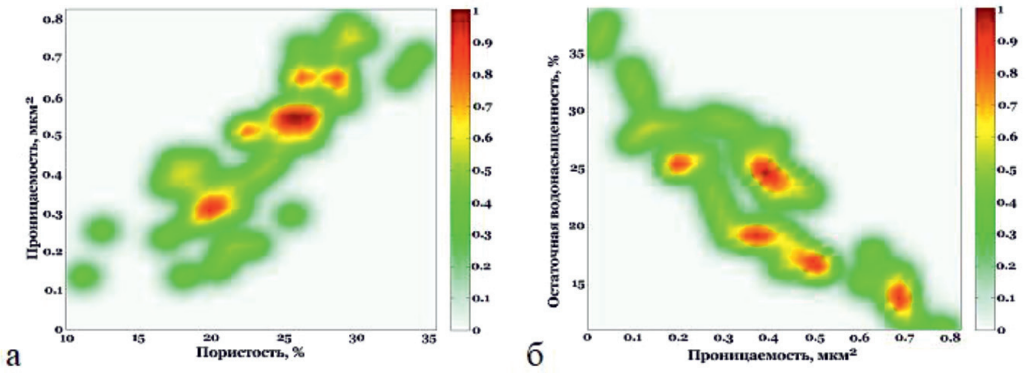


Рис. 3. Нечеткие отношения: а) «Пористость – Проницаемость»; б) «Проницаемость – Остаточная водонасыщенность». Здесь и далее цветовая палитра отображает уровень достоверности

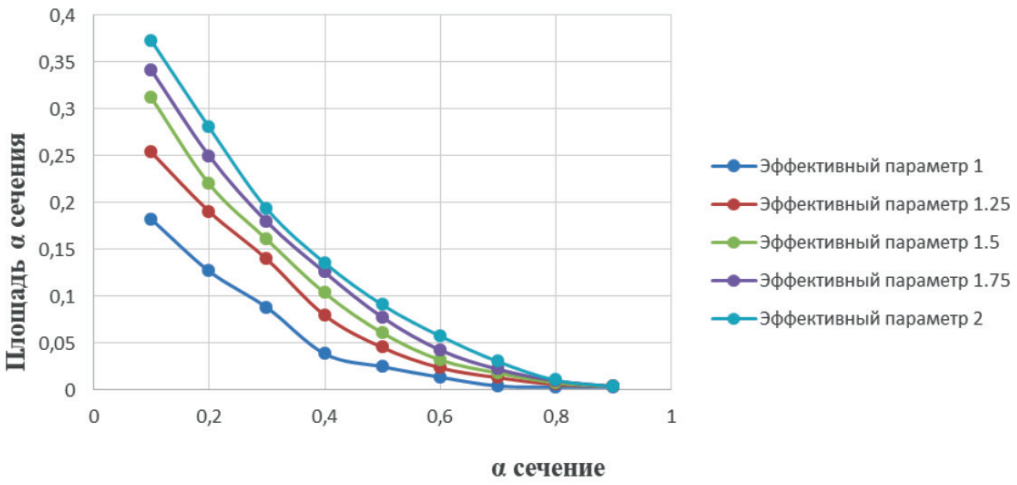


Рис. 4. Графики зависимости относительной меры от параметра α для функций принадлежности «Пористость – Проницаемость». На легенде указано, при каких значениях эффективного параметра построены функции принадлежности

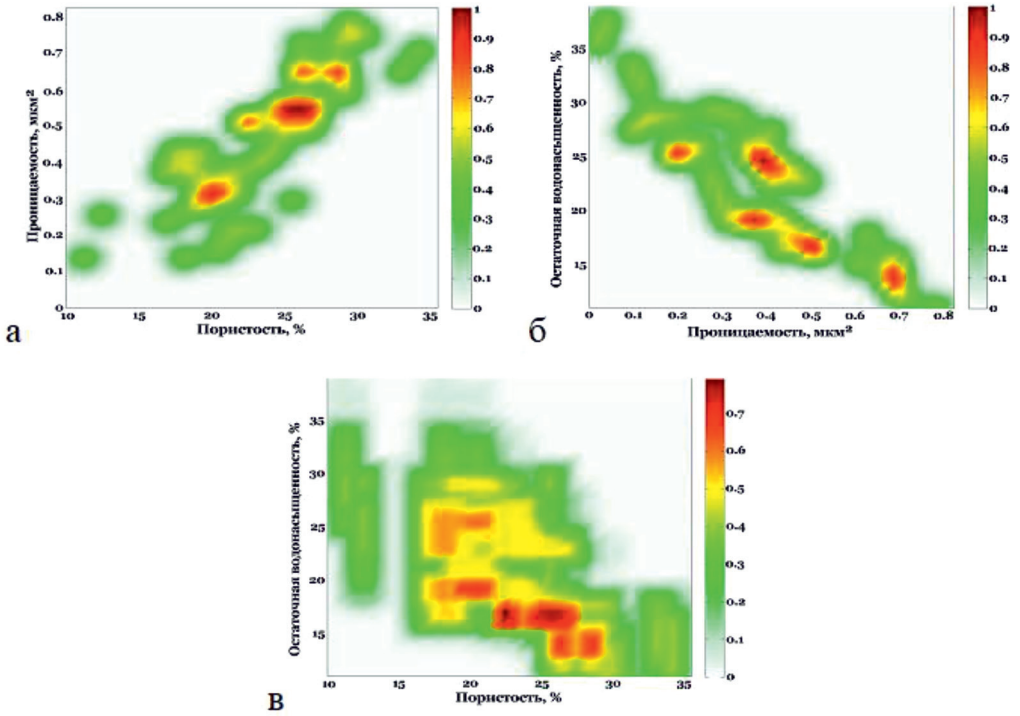


Рис. 5. Композиция нечетких отношений: а) функция принадлежности «Пористость – Проницаемость»; б) функция принадлежности «Проницаемость – Остаточная водонасыщенность»; в) функция принадлежности «Пористость – Остаточная водонасыщенность»

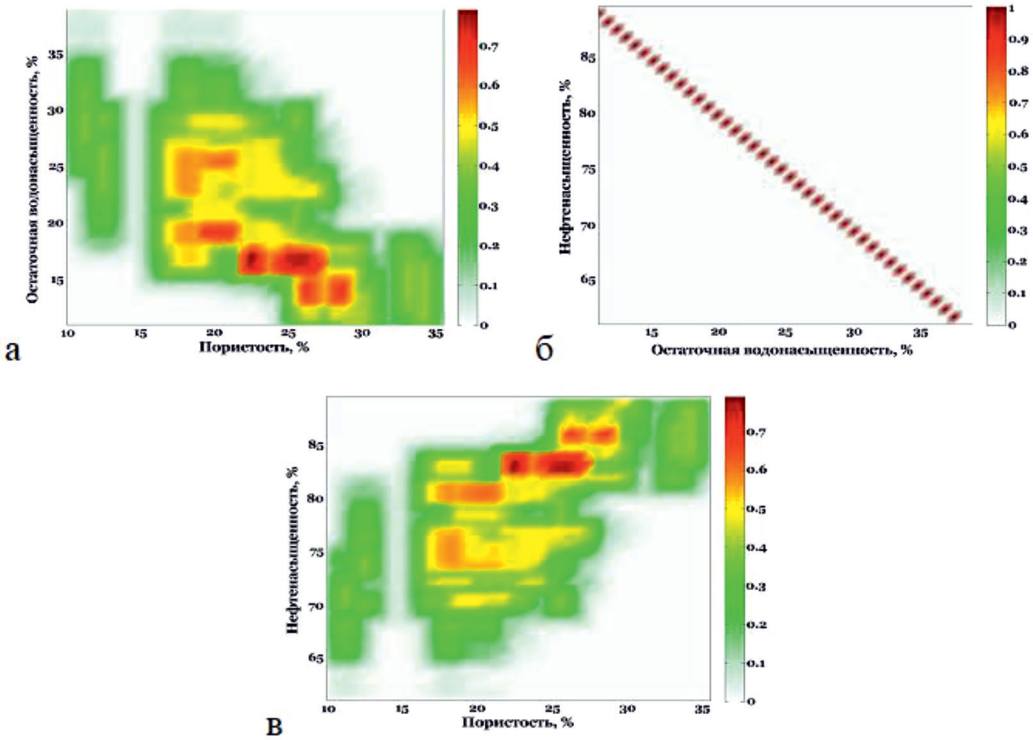


Рис. 6. Композиция нечетких отношений: а) функция принадлежности «Пористость – Остаточная водонасыщенность»; б) функция принадлежности «Остаточная водонасыщенность – Нефтенасыщенность»; в) функция принадлежности «Пористость – Нефтенасыщенность»

Результаты исследования и их обсуждение

Приведенные примеры применения аппарата нечеткого моделирования для данных Тимано-Печорской провинции показали возможность получения дифференцированного по достоверности результата. Далее построенные нечеткие петрофизические модели используются для дальнейшего прогноза и интерпретации данных скважин с целью оценки достоверности подсчета запасов.

Прогноз функции принадлежности, для итогового фильтрационно-емкостного параметра геологической модели выполняется на основе правила нечеткого логического вывода. Правило нечеткого логического вывода реализуется на основе нечеткой петрофизической модели, реализованной в форме композиции Мамдани нечеткого отношения между входным параметром и прогнозным, полученной в результате цепочки композиции отношений и функции принадлежности для исходных данных параметра, полученных на основе интерпретации данных геофизических исследований.

Построенные функции принадлежности для итогового фильтрационно-емкостного параметра, выражающие информационную обеспеченность результатов моделирования, далее используются для экспертизы – оценки достоверности по значениям функции принадлежности построенной геологической модели подсчетных параметров.

Заключение

За счет построения функции принадлежности на пространстве геологических моделей, отражающей нечеткость исходных данных и особенности нечеткой петрофизической модели, обеспечивается объективная оценка уровня информационной обеспеченности вводимых компонент геолого-геофизической модели, месторождения и возможность оптимизации дальнейших геологоразведочных работ.

Список литературы

1. Макарова А.А., Михайлов Д.Н., Шако В.В. Моделирование влияния на динамику начальной стадии добычи измененных фильтрационных свойств околоскважинной зоны при первичном вскрытии // Геофизические исследования. 2014. Т. 15. № 1. С. 53–65.

2. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Сравнительный анализ использования вероятностных и нечетких методов оценки неопределенности и рисков при подсчете запасов и ресурсов углеводородов // Нефтяное хозяйство. 2011. № 9. С. 44–49.

3. Билибин С.И., Лухминский Б.Е. Анализ погрешностей при оценке запасов нефти и газа // Каротажник. 2010. № 3. С. 37–45.

4. Кобрунов А.И., Кожевникова П.В. Теоретические основы при прогнозировании параметров геологических сред в условиях неопределенности // Фундаментальные исследования. 2015. № 5–3. С. 506–510.

5. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plants. Proc. Inst. Electrical Engineers. 1974. Vol. 121. № 12. P. 1585–1588.

УДК 004.9:336.76

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТОРГОВАЯ СИСТЕМА В КЛИЕНТСКОМ ТЕРМИНАЛЕ METATRADER 5

Кондратьева Т.Н., Развеева И.Ф.

ФГАОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, e-mail: ktn618@yandex.ru

Предметом исследования выступают котировки валютной пары EUR/USD в период с 01.01.2018 по 08.01.2018 г. Цель статьи заключается в рассмотрении особенностей технического анализа финансового рынка, а также построении автоматической торговой системы на мультирыночной платформе Metatrader 5 на специализированном языке объектно-ориентированного программирования высокого уровня MetaQuotes Language. Для достижения поставленной цели были применены теоретические особенности, инструменты и методы технического анализа, рассмотрены основные подходы к построению автоматической торговой системы: математический, алгоритмический анализы, прогнозирование с помощью нейронных сетей, программирование. В последнее время становятся все более популярны автоматические торговые советники или, как их еще называют, торговые роботы, особенно среди начинающих трейдеров, которые в силу небольшого опыта в области технического анализа предпочитают переложить принятие решений на торговый алгоритм. Торговые роботы позволяют принять решение по поводу финансовых операций, осуществляют сделки и отслеживают актуальность портфеля. Процесс полностью автоматизирован и может происходить без вмешательства человека. Результаты, полученные в процессе тестирования торгового советника в режиме онлайн, позволяют сделать выводы о возможности применения автоматической торговой системы для торговли на финансовых рынках.

Ключевые слова: технический анализ, нейронные сети, прогнозирование, программирование, график, тренд, индикатор, автоматическая торговая система, сделка

AUTOMATIC TRADING SYSTEM IN THE METATRADER 5 CLIENT TERMINAL

Kondrateva T.N., Razveeva I.F.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: ktn618@yandex.ru

The subject of the study are the quotations of the EUR / USD currency pair for the period 01.01.2018 to 08.01.2018. The purpose of the article is to consider the features of technical analysis of the financial market, as well as build an automated trading system on the multi-market platform Metatrader 5 in the specialized language of object-oriented high-level programming MetaQuotes Language. To achieve this goal, theoretical features, tools and methods of technical analysis were used, the main approaches to the construction of an automatic trading system were considered: mathematical, algorithmic analysis, forecasting using neural networks, programming. Recently, automated trading advisors or, as they are also called, trading robots are becoming more popular, especially among novice traders who, due to their limited experience in the field of technical analysis, prefer to shift decision-making to a trading algorithm. Trading robots allow you to make decisions about financial transactions, carry out transactions and monitor the relevance of the portfolio. The process is fully automated and can occur without human intervention. The results obtained in the process of testing the trading advisor online allow us to draw conclusions about the possibility of using an automatic trading system for trading in financial markets.

Keywords: technical analysis, neural networks, forecasting, programming, graph, trend, indicator, automatic trading system, transaction

Современные методы исследования финансового рынка представляют собой процесс вложения средств в финансовые активы (в частности, формирование портфеля ценных бумаг), который осуществляется на основе их тщательного анализа. Выделяют два подхода при работе на фондовом рынке: фундаментальный и технический анализ.

Технический анализ применяется с целью прогнозирования будущего направления движения цен, в качестве предмета исследования выступает график изменения цены. Анализ графика изменения цены представляет собой информацию о сложившейся ситуации на рынке, определяет ее динамику, в том числе анализ различных рыночных графических моделей, отслеживает образование определенных закономерностей движения цен на графике, с целью предположения вероятности продолжения или смены существующего тренда [1].

В настоящий момент можно найти множество разных полезных инструментов для трейдеров, которые так или иначе облегчают процесс торговли или подготовку настройки к этой торговле. Чтобы полностью автоматизировать процесс совершения сделок и управления портфелем, полностью исключить психологический фактор при принятии торговых решений, наилучшим выходом будет переложить рутинную работу на автоматические торговые системы – советники [2, 3].

Цель исследования: создание автоматической торговой системы (АТС) на платформе Metatrader 5, руководствуясь методами технического анализа.

Материалы и методы исследования

Выделим ряд основных подходов к созданию торгового советника.

Первый подход представляет собой математический анализ, основанный на попытке создания универсальной формулы, которая учитывала бы множество факторов. Данный подход предполагает, что в основе поведения цен лежит некая модель, которую возможно подобрать или определить на основе имеющихся исторических данных. Сторонники такого подхода используют лишь законы математики, при этом не учитывая сложность организации рынка.

Второй подход основан на изучении тенденций изменения рынка. При этом не делается никаких попыток понять, почему цена растет или падает при появлении тех или иных фигур технического анализа на графике цены. К преимуществам данного подхода относят: не делает предположений о движущей силе рынка; не требует знаний законов математики. В большинстве случаев данный подход продвигают трейдеры, имеющие успех в торговле. Недостатком подхода является постоянная необходимость нахождения трейдера у монитора.

Третий подход – создание «черного ящика». В качестве базы для такой системы выступает нейросеть, построенная с использованием готовых инструментов, широко представленных на рынке ПО и в математических пакетах. Реализация подобной сети не требует глубокой математической подготовки и навыков программирования. Готовые инструменты с помощью визуальных средств позволяют создать требуемую АТС. От трейдера в этом случае требуются базовое знание индикаторов технического анализа, умение подготовить необходимые ценовые данные и навыки работы с конкретным пакетом по работе с нейронными сетями.

Четвертый подход основан на программировании торгового робота (без потери времени на ручную торговлю).

В статье сочетаются преимущества 1, 2 и 4 подхода к созданию АТС.

В основе ТС лежат торговые правила или алгоритмы. На рис. 1 приведен алгоритм создания ТС.

1. Первый этап:

1.1. ИА – исследование и анализ ценовых данных.

1.2. ТА – написание торговых алгоритмов.

1.3. Тест – тестирование торговых алгоритмов.

1.4. АР – анализ результатов (тестирования, торговли).

1.5. ОПТ – оптимизация торговых алгоритмов.

2. Второй этап

1.6. ТС! – торговая система (рабочая версия).

1.7. Торговля – реальная торговля с использованием торговой системы (ТС!).

Результатом первого этапа должно стать появление рабочей версии торговой системы (ТС!), в которую входят торговые алгоритмы.

На втором этапе происходит реальная торговля с использованием алгоритмов торговой системы (ТС!). Если результаты торговли не устраивают или появляются идеи по совершенствованию торговой системы, тогда снова проводят тестирование, оптимизацию и анализ результатов, и если результаты приемлемы, то вносят коррекции в алгоритмы торговой системы.

Для создания торгового робота была выбрана торговая платформа MetaTrader 5 (MT5), имеющая огромное количество преимуществ по сравнению с аналогичными торговыми платформами. Для разработки торговых роботов и технических индикаторов в MetaTrader 5 используется собственный специализированный редактор MetaEditor. Он является составной частью среды разработки MQL5 IDE и тесно связан с торговой платформой MetaTrader 5. MetaEditor предназначен для работы с исходным кодом MQL5-программ и их дальнейшей компиляцией в исполняемые файлы. Благодаря тесной интеграции редактора и торговой платформы, готовые программы автоматически появляются в MetaTrader 5 и могут быть немедленно запущены в торговлю.

MetaQuotes Language 5 (MQL5) – это специализированный язык объектно-ориентированного программирования высокого уровня, позволяющий создавать торговых роботов и технические индикаторы. Он основан на концепции широко распространенного языка C++. MQL5 располагает большим разнообразием функций, необходимых для анализа котировок. В библиотеки языка встроены основные технические индикаторы, а также средства управления и контроля за торговыми позициями. Благодаря таким широким возможностям на MQL5-приложения можно переложить всю торговлю и аналитику на финансовых рынках.

Советник строится на основе сигналов, полученных от двух индикаторов – Stochastic Oscillator и Bollinger Bands.

Осциллятор стохастик состоит из двух линий: SO_H – быстрой, (%K), и SO_L – медленной (%D). Полоса SO_H вычисляется по формуле

$$SO_H^i = \frac{F_{i-j} - p_{\min}^{k-1}}{100(p_{\max}^{k-1} - p_{\min}^{k-1})}, \qquad (1)$$

где $p_{\max}^{k-1}$, $p_{\min}^{k-1}$ – цены за предыдущий период, максимальная и минимальная; F_i – цены закрытия [4].

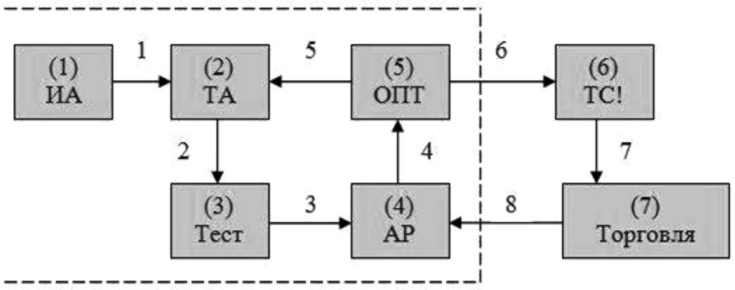


Рис. 1. Алгоритм создания торговой системы

Рис. 2. Stochastic Oscillator

Полоса SO_L вычисляется по формуле

$$SO_L^i = MF_i(SO_H^i, k), \quad (2)$$

где MF_i – скользящее среднее по ценам закрытия, k – число периодов.

Индикатор берёт информацию о ценах закрытия с графика и по этим данным строит 2 линии – SO_H^i (%K) и SO_L^i (%D). На рис. 2 отражено графическое представление Stochastic Oscillator, красным пунктиром показана – SO_H (%D), синяя сплошная – SO_L (%K).

Следующий рассматриваемый индикатор – Bollinger Bands.

Bollinger Bands представляет собой две линии, ограничивающие динамику цены сверху и снизу соответственно. Полосы сами регулируют свою ширину: она увеличивается (расширяется), когда рынок неустойчив, и уменьшается (сужается) в более стабильные периоды. Формулы для построения полос Боллинджера:

$$BB_{\pm}^i = MF_i \pm \alpha \sqrt{\frac{2}{k+1}\sum_{j=0}^{k-1}\left(1-\frac{j}{k}\right)\left(F_{i-j}-MF_i\right)^2}, \quad (3)$$

где MF_i – скользящее среднее, а α – коэффициент сдвига, F_i – цена закрытия, k – число периодов.

$$MF_i = \frac{2}{k+1}\sum_{j=0}^{k-1}\left(1-\frac{j}{k}\right)F_{i-j}. \quad (4)$$

Параметр α – коэффициент сдвига в формуле (3), будет принимать значение равное 2. Выбор такого значения обусловлен ранними тестированиями системы.

Получая сигналы от этих индикаторов, советник будет вести торговлю, следуя критериям поведения финансовых активов.

На рынке существуют три варианта поведения финансового актива: 1) рост; 2) падение; 3) сохранение. В первом случае выполняется условие $F_i < B_-^i$; во втором – подразумевает выполнение условия $F_i > B_+^i$; и в случае три – выполнение условия $F_i \in \left[B_-^i, B_+^i\right]$. Советник будет открывать позиции сам и закрывать их, если цены достигнут уровня Take Profit или Stop Loss [5–7].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование проводилось на основе данных котировок валютной пары EUR/USD в течение недели с 01.01.2018 по 08.01.2018, скачанных с сайта Международный финансовый холдинг FIBO Group.

2 января в 22:25 (рис. 3) цена опустилась ниже нижней линии Bollindger Bands, при этом главная полоса Stochastic была в зоне перепроданности и вышла за неё. Советник получил сигнал и совершил сделку на покупку размером 0,2 лота по самой выгодной цене на тот момент – 1,20542. Когда цена достигла значения Take Profit = 1,20582, советник закрывает сделку с прибылью.

Советник работал с разными таймфреймами (1m, 2m, 5m, 30m, 1h, 2h) и с разными параметрами «Take Profit» и «Stop Loss». Исследования показали, что наиболее эффективно советник работает на таймфрейме в 1 минуту (1m) и с параметрами Take Profit = 67 и Stop Loss = 10.

С этими параметрами за указанный период с изначальным депозитом D = 1000$ советник совершил 206 сделок, из которых: 49 прибыльных (24 % от всех); 157 убыточных (76 % от всех). Несмотря на большее количество убыточных трейдов, по окончании торгов депозит стал равен 1059$, то есть увеличился на 59$ (+ 5,89 %). Общая прибыль составила 1585$, общий убыток 1526$.

Средняя убыточная сделка была равна –9,6$, когда средний прибыльный трейд равен 32$, при этом самая прибыльная сделка составила 82$, а самая убыточная всего –13$. Это означает, что убыточные сделки быстро закрывались, незначительно влияя на депозит.

Рис. 3. График котировок валютной пары EUR/USD от 02.01.2018 г.

Советник реагирует на каждое движение графика, анализирует его, получает сигнал на вход в сделку и открывает позицию, затем в зависимости от ситуации закрывает её, если цена достигла отметки «Take Profit», то закрывает с прибылью, если отметки «Stop Loss», то закрывает с убытком.

Всего за указанный период советник обработал 3 736 433 движения (тика) графика.

Выводы

Было установлено, что цены акций или других инструментов фондового рынка движутся, как бы придерживаясь определенных тенденций. Умение определять эти тенденции является основой технического анализа. Исследование динамики рынка при техническом анализе происходит чаще всего посредством графиков с целью прогнозирования будущего направления движения цен. Данный анализ не может служить гарантией изменения цен в будущем именно в соответствии с выявленными закономерностями в прошлом или настоящем, но позволяет сделать вывод о направлении изменения цены и возможной его продолжительности [8]. Использование инструментов технического анализа в сочетании с АТС позволяет трейдеру минимизировать риск возникновения типичных ошибок, которые возникают при работе с валютными биржами.

Стоит отметить, что были получены достоверные значения от АТС, свидетельствующие об увеличении депозита на 59$ (+ 5,89%) при тестировании советника в режиме онлайн, это свидетельствует о том, что при условии правильного подбора входных параметров можно вести прибыльную торговлю.

Исследование поддержано РФФИ, научный проект № 17-01-00888 а.

Список литературы

1. Jack D. Schwager, Technical Analysis. ID 5040489. 2012. P. 104–129.

2. Комиссаров И.П., Гусева Е.Н. Разработка проекта по созданию и запуску автоматических торговых систем // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 10 (66). С. 204–212.

3. Миндияров Н.И., Рейзенбук К.Э. Торговая система для анализа котировок акций и автоматической торговли на фондовом рынке // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2014. № 1 (101). С. 139–144.

4. Кондратьева Т.Н. Принцип работы трендовых индикаторов // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 3.; URL: https://naukovedenie.ru/PDF/63trgsu313.pdf (дата обращения: 22.09.2018).

5. Ведихин А.В., Петров Г.А., Шилов Б.Н. Форекс от первого лица. Валютные рынки для начинающих и профессионалов. М.: Омега-Л, 2005. 428 с.

6. Окотов П.В. Анализ механизма функционирования мирового валютного рынка FOREX // Лаборатория книги. 2010. 235 с.

7. Соколов А.Н. Рынок Forex. Руководство пользователя. М.: SmartBook, 2016. 529 с.

8. Рекеть Е.А. Инвестиционная активность автоматических торговых систем на фондовом рынке // Ресурсам области – эффективное использование: сборник материалов XVIII Ежегодной научной конференции студентов Технологического университета. 2018. С. 482–489.

УДК 004.021

МЕТОД УСКОРЕННОГО УМНОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГАРИФМИЧЕСКИХ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Коржавина А.С., Князьков В.С.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: as_korzhavina@vyatsu.ru

Для решения многих задач вычислительной математики, математической физики, экономики, биохимии, криптографии требуется высокая, до 512–1024 бит и более, точность. Операция умножения – одна из наиболее часто выполняемых арифметических операций в таких расчетах. На сегодняшний день основным способом работы с длинными числами являются программные библиотеки позиционной длинной арифметики, главным недостатком которых является резкое снижение быстродействия вследствие возникающих единиц переноса между двоичными разрядами длинного позиционного числа. На практике даже самые быстрые способы умножения дают значительное снижение быстродействия на очень длинных числах, представленных в позиционных системах счисления, поэтому повышение скорости является основной целью при разработке методов умножения. В данной работе рассматривается метод умножения двух длинных чисел с плавающей точкой в гибридном модулярном интервально-логарифмическом формате представления. Мантисса представлена в системе остаточных классов (СОК), которая позволяет заменить последовательные методы выполнения арифметических операций над длинными целыми числами в позиционных системах счисления на параллельные методы выполнения арифметических операций над наборами коротких целых чисел, что существенно ускоряет выполнение операций сложения и умножения. В качестве метаданных формат содержит интервально-логарифмическую характеристику, необходимую для быстрого выполнения операций сравнения и масштабирования. Разработанный метод в среднем приблизительно в 3,4 раза быстрее метода, основанного на позиционной длинной арифметике.

Ключевые слова: система остаточных классов, умножение, логарифмическая система счисления, интервальная арифметика, формат с плавающей точкой

FAST MULTIPLICATION IN RESIDUE NUMBER SYSTEMS USING INTERVAL LOGARITHMIC CHARACTERISTIC

Korzhavina A.S., Knyazkov V.S.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Kirov, e-mail: as_korzhavina@vyatsu.ru

To solve many problems of computational mathematics, mathematical physics, economics, biochemistry, cryptography, a high precision up to 512-1024 bits or more, is required. The multiplication is one of the most frequently performed arithmetic operations in such computations. Nowadays one usually work with long numbers are software libraries of long positional arithmetic, the main drawback of which is a sharp decrease in performance due to the emerging transfer carries between binary digits of a long positional number. In practice, even the fastest methods of multiplication give a significant decrease in the performance over very long numbers represented in the positional number systems. Increasing the speed is the main goal in the multiplication methods. In this paper, the method of multiplying two long numbers with a floating point in a hybrid modular interval-log format of representation is introduced. The mantissa is represented by the residue number system (RNS), in which long integers is represented by the sets of independent digits. It allows replacing the successive methods of performing arithmetic operations over long integers in positional number systems on parallel methods of performing arithmetic operations on sets of short integers, which significantly speeds up the execution of the operations of addition and multiplication. The format contains as a meta-data the interval-logarithmic characteristic that required for fast comparison and scaling. The method is approximately 3.4 times faster than positional implementation.

Keywords: residue number system, multiplication, logarithmic number system, interval arithmetic, floating-point format

Проблема высокоточных вычислений стоит во многих областях вычислительной математики, математической физики, экономики, биохимии. Для решения таких задач, как прямое и обратное преобразования Лапласа [1], оптимальное управление [2], моделирование процессов метаболизма и конфигурации макромолекул [3], волновое рассеяние [4], требуется точность 256–2048 бит. Другой важной областью применения длинной арифметики являются задачи криптографии, в которых операция умножения длинных целых чисел является основной. При этом повышение скорости является основной целью при построении криптосистем, где длина чисел может достигать нескольких тысяч бит [5]. На сегодняшний день основным способом работы с длинными двоичными числами являются программные библиотеки позиционной длинной арифметики, главным недостатком которых является резкое снижение быстродействия вследствие возникающих единиц переноса между двоичными разрядами длинного позиционного числа. Однако даже самые быстрые способы умножения дают значительное снижение быстродействия на очень длинных числах [6]. Альтернативой

длинной позиционной арифметики является модулярная арифметика (системы счисления в остаточных классах, СОК).

СОК – это непозиционная система счисления, которая позволяет заменить последовательные методы выполнения арифметических операций над «длинными» целыми числами в позиционных системах счисления на параллельные методы выполнения арифметических операций над наборами «коротких» целых чисел [7]. Главным преимуществом СОК является высокое быстродействие таких операций, как сложение и умножение (так называемые модульные операции), поскольку нет необходимости фиксировать и распространять единицы переноса между разрядами; существенным недостатком – сложность выполнения немодульных операций, таких как операции масштабирования, сравнения и определения переполнения диапазона представления чисел. Учитывая особенности организации вычислений в СОК, их применение наиболее эффективно для решения задач, алгоритмизация которых реализована с существенным преобладанием модульных операций, особенно операций умножения.

Цель работы: повышение скорости выполнения операции умножения длинных чисел с плавающей точкой. Для повышения скорости вычислений предлагается использовать гибридное модулярное интервально-логарифмическое представление длинных чисел с плавающей точкой, в котором мантисса представлена в системе остаточных классов, а также содержащее в качестве метаданных интервально-логарифмическую характеристику, необходимую для быстрого выполнения операций сравнения и масштабирования.

Гибридный модулярный интервально-логарифмический формат данных

В интервальной арифметике вместо чисел, дискретных точек на числовой оси, используется пара чисел, представляющих собой границы закрытых интервалов, или отрезков числовой оси, что позволяет выполнять расчеты с учетом погрешностей в исходных данных и погрешностей, возникающих в процессе вычислений [8, 9]. При этом все вычисления выполняются таким образом, что результирующий интервал гарантированно содержит точный результат вычислений. В связи с этим интервальная арифметика позволяет повысить достоверность вычислений за счет учета в явном виде влияния ошибок округления [8]. Ширина интервала результата при выполнении арифметических операций в интервальной арифметике является не только критерием точности, но и критерием достоверности, поэтому уменьшение ширины интервала является одной из важных задач. В качестве одного из способов повышения точности интервальной арифметики могут быть применены логарифмические системы счисления (ЛСС) для представления границ интервала [10].

Число в интервально-логарифмическом формате представлено следующим образом:

в качестве одного из способов повышения точности интервала,

$$A \xrightarrow{\text{ИЛСС}} \left[\underline{L_A} = \underline{\log_b A}; \overline{L_A} = \overline{\log_b A}\right],$$

где log_b – логарифм числа по основанию b, вычисленный с округлением к минус и плюс бесконечности соответственно, A – модуль числа, представленный в позиционной системе счисления.

Результат умножения двух чисел, представленных в интервально-логарифмическом формате, определяется следующим образом:

$$\underline{L_Z} = \underline{L_A} + \underline{L_B}\ ;\ \overline{L_Z} = \overline{L_A} + \overline{L_B}\ .$$

Система остаточных классов является непозиционной системой счисления, в которой значения позиционного числа A представлены набором n остатков $\langle x_1, x_2, ..., x_n \rangle$ от деления числа A на каждый из n модулей $p_i \in \{p_1, p_2, ..., p_n\}$ [7] $A \xrightarrow{\text{СОК}} \langle x_1, x_2, ..., x_n \rangle$, где x_i вычисляется следующим образом:

$$x_i = |A|_{p_i} = A - \left\lfloor \frac{A}{p_i} \right\rfloor \cdot p_i, i = 1, 2, ..., n\ ,$$

где $\left\lfloor \frac{A}{p_i} \right\rfloor$ – целая часть частного $\frac{A}{p_i}$, $\{p_1, p_2, ..., p_n\}$ – набор оснований или базис СОК.

Произведение $P = p_1 \cdot p_2 \cdot ... \cdot p_n$ определяет диапазон представления чисел $A \in [0; P)$ в СОК, причем, если все числа $p_i \in \{p_1, p_2, ..., p_n\}$ являются попарно взаимно простыми, то между любым положительным целым числом A из диапазона [0; P) и числом, представленным в СОК, имеется взаимно однозначное соответствие.

Результат умножения двух чисел $\langle x_1, x_2, ..., x_n \rangle$ и $\langle y_1, y_2, ..., y_n \rangle$, представленных в СОК, определяется следующим образом:

$$\langle z_1, z_2, ..., z_n \rangle = \left\langle |x_1 \cdot y_1|_{p_1}, |x_2 \cdot y_2|_{p_2}, ..., |x_n \cdot y_n|_{p_n} \right\rangle .$$

В данной работе предлагается объединить преимущества обоих рассмотренных форматов представления, модулярного и интервально-логарифмического, в новый гибридный модулярный интервально-логарифмический (МИЛ) формат:

$$\left[\left\langle m_1, m_2, ..., m_n \right\rangle, L_l, L_h, E, \sigma \middle| m_i \in \{0,1,..., p_i - 1\}, L_l, L_h \in [0; L_P], \lambda \in [\lambda_{\min}, \lambda_{\max}], \sigma \in \{00, 01, 10, 11\}\right],$$

где σ – знак числа, $\sigma = \begin{cases} 01, a > 0 \\ 00, a = 0 \\ 11, a < 0 \end{cases}$, $\left\langle m_1, m_2, ..., m_n \right\rangle$ – мантисса числа, представленная в СОК, λ – масштаб (порядок) числа, L_l, L_h – интервально-логарифмическая характеристика (ИЛХ) мантиссы числа, $L = [L_l, L_h] = \left[\underline{\log_b |M|}, \overline{\log_b |M|}\right]$.

Метод выполнения операции умножения в модулярном интервально-логарифмическом формате

Пусть заданы два числа в МИЛ-формате

$$A = \left\langle M^A = \left\{m_i^A\right\}, \sigma^A, \lambda^A, L_{\min}^A, L_{\max}^A \right\rangle$$

и

$$B = \left\langle M^B = \left\{m_i^B\right\}, \sigma^B, \lambda^B, L_{\min}^B, L_{\max}^B \right\rangle.$$

Тогда результат

$$C = \left\langle M^C = \left\{m_i^C\right\}, \sigma^C, \lambda^C, L_{\min}^C, L_{\max}^C \right\rangle$$

будет вычислен следующим образом:

$$M^C = M^A \cdot M^B = \left\{\left| m_i^A, m_i^B \right|_{p_i}\right\},$$

$$\sigma^C = \sigma^A \cdot \sigma^B, \ \lambda^C = \lambda^A + \lambda^B.$$

Поскольку мантиссы чисел, представленных в МИЛ-формате, ограничены диапазоном [0; P – 1), то при выполнении умножения двух мантисс результат может выйти за пределы диапазона представления $M^C \geq P$. Для того, чтобы мантисса результата была представима в МИЛ-формате, необходимо выполнить операцию масштабирования $\frac{M^A \cdot M^B}{b^z}$, где $z = \left\lceil \log_b \frac{M^A \cdot M^B}{P} \right\rceil$.

Будем выполнять масштабирование обоих операндов до выполнения операции умножения таким образом, чтобы масштабированные сомножители не превышали величину $\sqrt{P}$, то есть

$$\tilde{M}^A = \frac{M^A - \left|M^A\right|_{b^{z_A}}}{b^{z_A}}, \ \tilde{M}^B = \frac{M^B - \left|M^B\right|_{b^{z_B}}}{b^{z_B}},$$

где z_A и z_B – коэффициенты, определяемые соотношениями значений модулей мантисс.

Таким образом, все необходимые вычисления (проверка переполнения, масштабирование) проводятся до непосредственного умножения мантисс.

На основании описанных выше выкладок сформулируем алгоритм умножения двух чисел, представленных в МИЛ-формате.

Шаг 1. Проверка операндов на ноль. Если хотя бы один из операндов равен нулю, то результат равен нулю: $\sigma^C = 0$, $\lambda^C = 0$, $M^C = \{0_i\}$, $L_{\min}^C = 0$, $L_{\max}^C = 0$, иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 2. Проверка потери значащих разрядов: если $\lambda^A + \lambda^B + L_{\min}^A + L_{\min}^B \leq \min$, где $\min = \log_b(b^{\lambda_{\min}})$, то есть результат выполнения операции умножения двух чисел меньше, чем минимально представимое по модулю число, то результат равен нулю: $\sigma^C = 0$, $\lambda^C = 0$, $M^C = \{0_i\}$, $L_{\min}^C = 0$, $L_{\max}^C = 0$, иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 3. Знак результата: $\sigma^C = \sigma^A \cdot \sigma^B$.

Шаг 4. Проверка переполнения: если $\lambda^A + \lambda^B + L_{\max}^A + L_{\max}^B \geq \max$, где $\max = \log_b(|m_1 \cdot m_2 \cdot ... \cdot m_n - 1| \cdot b^{\lambda_{\max}})$, то есть результат выполнения операции умножения двух чисел выйдет за границы представления чисел в формате IML, то присвоить результату значение «бесконечность»: $\lambda^C = \lambda_{\max}$, $M^C = \{0_i\}$, $L_{\min}^C = 0$, $L_{\max}^C = 0$, иначе перейти к следующему шагу.

Шаг 5. Проверка переполнения результата умножения модулярных мантисс. В случае, если результат умножения двух модулярных чисел выходит за границы представления, необходимо предварительно уменьшить один их сомножителей или оба сразу путем масштабирования степенью *b*. Если $L_{\max}^A + L_{\max}^B \geq L_P$, где $L_P = \log_b(|p_1 \cdot p_2 \cdot ... \cdot p_n - 1|)$, то вычислить значения масштабирующих коэффициентов: $L_1 = \left\lceil L_{\max}^A + L_{\max}^B - L_P \right\rceil$, $L_2 = \left\lceil L_{\max}^A - L_{\max}^B \right\rceil$, если $|L_1| \leq |L_2|$ и $L_2 \geq 0$, то $z_A \geq L_1$, $z_B = 0$; если $|L_1| \leq |L_2|$ и $L < 0$, то $z_A = 0$, $z_B = L_1$; если $|L_1| > |L_2|$ и $|L_1 + L_2|_2 = 1$, то $z_A = \frac{L_1 + L_2 + 1}{2}$, $z_B = \frac{L_1 - L_2 - 1}{2}$; если $|L_1| > |L_2|$ и $|L_1 + L_2|_2 = 0$, то $z_A = \frac{L_1 + L_2}{2} + 1$,

$z_B = \frac{L_1 - L_2}{2}$. Если $L^A_{\max} + L^B_{\max} < L_P$, то перейти к шагу 7.

Шаг 6. Вычислить значения скорректированных мантисс $\tilde{M}^A$ и $\tilde{M}^B$ операндов и скорректировать значение верхней и нижней границы интервальной логарифмической характеристики результата:

$$\tilde{M}^A = \frac{M^A - \left|M^A\right|_{b^{z_A}}}{b^{z_A}}, \quad \tilde{M}^B = \frac{M^B - \left|M^B\right|_{b^{z_B}}}{b^{z_B}}.$$

Скорректировать значения верхней и нижней границ ИЛХ чисел A и B:

$$l^A_{\min} = S\left(L^A_{\min}, \log_b \left|M^A\right|_{b^{z_A}}\right) - z_A;$$

$$l^A_{\max} = S\left(L^A_{\max}, \log_b \left|M^A\right|_{b^{z_A}}\right) - z_A;$$

$$l^B_{\min} = S\left(L^B_{\min}, \log_b \left|M^B\right|_{b^{z_B}}\right) - z_B;$$

$$l^B_{\max} = S\left(L^B_{\max}, \log_b \left|M^B\right|_{b^{z_B}}\right) - z_B,$$

где $S(x,y) = x + \log_b(1 - b^{y-x})$, если $y < x$, $S(x,y) = y + \log_b(1 - b^{x-y})$, если $y > x$.

Шаг 7. Выполнить модулярное умножение мантисс: $M^C = M^A \cdot M^B = \left\{\left|m^A_i, m^B_i\right|_{p_i}\right\}$ или $M^C = \tilde{M}^A \cdot \tilde{M}^B = \left\{\left|\tilde{m}^A_i, \tilde{m}^B_i\right|_{p_i}\right\}$, если мантиссы были скорректированы на шаге 6. Масштаб (порядок) результата: $\lambda^C = \lambda^A + \lambda^B + L_1$. ИЛХ результата: $L^C_{\min} = l^A_{\min} + l^B_{\min}$, $L^C_{\max} = l^A_{\max} + l^B_{\max}$.

Оценка быстродействия

Время выполнения предложенного метода (без учета исключений) равно

$$T_{IML} = p_{scl} \cdot t_{scl} + t_{MUL},$$

где p_{scl} – доля случаев, при которых требуется операция масштабирования – вероятность того, что произведение двух мантисс выйдет за пределы диапазона представления модулярных мантисс, t_{scl} – время выполнения операции масштабирования, t_{MUL} – время модулярного умножения.

Предположим, что числа из диапазона [0; P) могут появиться с равной вероятностью. Вероятность того, что произведение двух мантисс выйдет за пределы диапазона представления модулярных мантисс, то есть $M^A \cdot M^B \geq P$, равна

$$p_{scl} \approx \frac{P - \ln P}{P} \approx 1.$$

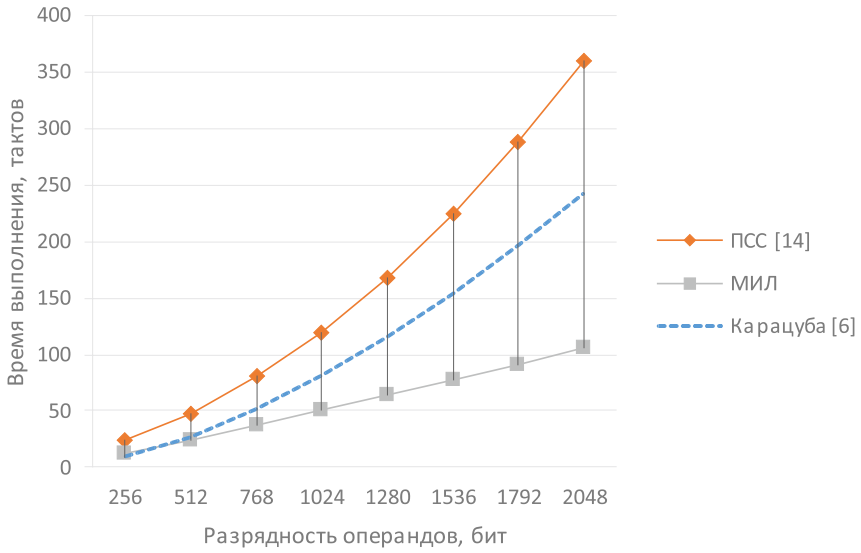
Время выполнения операции масштабирования равно [11]:

$$t_{scl} = \frac{n}{4}(t_{BEX} + t_{SUB} + t_{MUL}),$$

где t_{BEX} – время выполнения операции расширения базиса, t_{SUB} – время модулярного вычитания, t_{MUL} – время модулярного умножения.

Время расширения базиса при использовании самого быстрого алгоритма равно [11] $t_{BEX} = t_{MUL} + t_{ADD} \cdot (\log_2 n + 1)$.

Таким образом, общее время выполнения разработанного метода не превышает $T_{IML} = 2 + \frac{n}{4} \cdot (\log_2 n + 8)$ тактов.



Сравнение быстродействия разработанного метода и методов, основанных на позиционном представлении длинных чисел

Сравним разработанный метод и метод умножения длинных чисел с плавающей точкой [12], время выполнения которого составляет $\left(n^2/4+3\cdot n+8\right)$ тактов, а также с одним из асимптотически быстрых методов умножения, используемых для организации некоторых целочисленных двоичных умножителей (алгоритм Карацубы) [6]. Зависимость времени выполнения метода от разрядности операндов представлена на рисунке.

Разработанный метод в среднем приблизительно в 3,4 раза быстрее метода, основанного на позиционной длинной арифметике, и в 2,3 раза быстрее одного из асимптотически наиболее быстрых, но в явном виде практически не используемого алгоритма (алгоритм Карацубы) для разрядности мантисс 2048 бит.

Заключение

Разработан метод выполнения операции умножения с использованием модулярного интервально-логарифмического представления чисел с плавающей точкой. Отличительной особенностью представленного метода является использование интервальных логарифмических характеристик для быстрого выполнения немодульных операций сравнения и масштабирования. Разработанный метод в среднем приблизительно в 3,4 раза быстрее метода, основанного на позиционной длинной арифметике, и в 2,3 раза быстрее одного из асимптотически наиболее быстрых, но в явном виде практически не используемого алгоритма (алгоритм Карацубы) для разрядности мантисс 2048 бит.

Сложность разработанного метода выполнения умножения $O(n\log n)$, что быстрее, чем асимптотически быстрые алгоритмы умножения чисел в позиционной системе счисления: Шёнхаге – Штрассена, имеющего сложность $O(n\log n\log\log n)$, и Фюрера со сложностью $O(n\log n2^{O(\log^* n)})$.

Представленный метод защищен патентом РФ [13]. В качестве дальнейших направлений исследований предлагается разработка быстрых методов выполнения операций расширения базиса и масштабирования, что позволит уменьшить время выполнения операции умножения чисел в МИЛ-формате.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00278 мол_а.

Список литературы

1. Krougly Z., Davison M., Aiyar S. The Role of High Precision Arithmetic in Calculating Numerical Laplace and Inverse Laplace Transforms. Applied Mathematics. 2017. vol. 8. no. 04. P. 562–589.

2. Pan B., Wang Y., Tian S. A High-Precision Single Shooting Method for Solving Hypersensitive Optimal Control Problems. Mathematical Problems in Engineering. 2018. vol. 2018. P. 1–11.

3. Yang L. et al. solveME: fast and reliable solution of nonlinear ME models. BMC bioinformatics, 2016. vol. 17. no. 1. P. 391.

4. Gergidis L.N. et al. Numerical investigation of the acoustic scattering problem from penetrable prolate spheroidal structures using the Vekua transformation and arbitrary precision arithmetic. Mathematical Methods in the Applied Sciences. 2018. P. 1–16.

5. Asif S., Kong Y. Highly parallel modular multiplier for elliptic curve cryptography in residue number system. Circuits, Systems, and Signal Processing. 2017. vol. 36. no. 3. P. 1027–1051.

6. Harvey D., Van Der Hoeven J., Lecerf G. Even faster integer multiplication. Journal of Complexity. 2016. vol. 36. P. 1–30.

7. Gérard B., Kammerer J.-G., Merkiche N. Contributions to the Design of Residue Number System Architectures. Proceedings of the 22nd IEEE International Symposium on Computer Arithmetic. France. 2015. P. 105–112.

8. Revol N. Introduction to the IEEE 1788-2015 Standard for Interval Arithmetic. International Workshop on Numerical Software Verification. Springer. Cham. 2017. P. 14–21.

9. Johansson F. Arb: Efficient arbitrary-precision midpoint-radius interval arithmetic. IEEE Transactions on Computers. 2017. vol. 66 (8). P. 1281–1292.

10. Коржавина А.С. Исследование эффективности реализации логарифмической интервальной арифметики на универсальных процессорах. Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. М.: Галлея-Принт. 2016. С. 165–168.

11. Коржавина А.С., Князьков В.С. Методы расширения базиса в системе остаточных классов: обзор и анализ вычислительной сложности // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 12. С. 37–42.

12. Lei Y. et al. FPGA implementation of an exact dot product and its application in variable-precision floating-point arithmetic. The Journal of Supercomputing. 2013. vol. 64. no. 2. P. 580–605.

13. Князьков В.С., Коржавина А.С. Способ организации выполнения операции умножения двух чисел в модулярно-логарифмическом формате представления с плавающей точкой на гибридных многоядерных процессорах: 2666285 Рос Федерация: G06F7/32; заявл. 06.10.2017; опубл. 06.09.2018 бюл. № 25. 19 с.

УДК 004.021:303.732.4

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМ АЛГОРИТМОВ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПОИСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Корнеев А.М., Бузина О.П., Суханов А.В.

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, e-mail: weenrok@mail.ru, buzina_olga@list.ru, pm03sav@mail.ru

Настоящая работа посвящена развитию методов нечёткой логики применительно к оптимизации схем алгоритмов стохастического поиска. В качестве объектов исследования выступают схемы алгоритмов стохастической оптимизации на основе метода имитации отжига, в частности схемы Больцмана и Коши, которые признаны одними из самых эффективных для случая оптимизации многоэкстремальных функций. Вариативность расчетных параметров алгоритмов при построении структур схем стохастического поиска актуализирует исследования в данной области с использованием методов нечеткого управления; это актуально, например, для случаев, когда расчетные параметры алгоритмов в системах со сложной иерархией варьируются в зависимости от решаемых в процессе управления задач. Одна из таких задач – оптимизация значений координат кусочно-линейных деформационных диаграмм и параметров химического состава в системе управления процессом структуризации чугунных сплавов. Целью настоящего исследования является оптимальная модификация схем алгоритмов стохастического поиска методом имитации отжига (simulated annealing) применительно к решению данной прикладной задачи. В качестве инструмента интеллектуальной поддержки при выборе численных параметров алгоритмов оптимизации в разработанной системе принятия решений использован метод нечеткого управления Такаги и Сугено. Авторами предложена база правил для осуществления нечёткого управления, а также функции принадлежности, необходимые для осуществления нечёткого вывода. В статье показано, каким образом метод нечёткого управления Такаги и Сугено помогает осуществить интеллектуальную поддержку в системе принятия решений при построении модифицированных схем алгоритмов стохастического поиска. С применением описанных в статье методик разработана автоматизированная система интеллектуальной поддержки принятия решений процессов, участвующих в формировании оптимального химического состава чугунных сплавов.

Ключевые слова: нечёткая логика, стохастический поиск, метод имитации отжига, случайная величина, функция распределения, схема алгоритма

OPTIMIZATION OF SCHEMES OF STOCHASTIC SEARCH ALGORITHMS WITH USE OF FUEL MANAGEMENT METHODS

Korneev A.M., Buzina O.P., Sukhanov A.V.

Federal State Educational Institution of Higher Education Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: weenrok@mail.ru, buzina_olga@list.ru, pm03sav@mail.ru

The present work is devoted to the development of methods of fuzzy logic with regard to optimizing the schemes of stochastic search algorithms. As the objects of research, schemes of stochastic optimization algorithms are based on the method of simulation of annealing, in particular, the Boltzmann and Cauchy schemes, which are recognized as one of the most effective for the optimization of multi-extremal functions. Variability of the calculated parameters of algorithms in constructing structures of stochastic search schemes actualizes research in this field using fuzzy control methods; this is relevant, for example, for cases when the calculated parameters of algorithms in systems with a complex hierarchy vary depending on the tasks to be performed in the process of management. One such task is the optimization of the coordinates of piecewise linear deformation diagrams and parameters of the chemical composition in the control system of the process of structuring cast iron alloys. The purpose of this study is to optimally modify the schemes of stochastic search algorithms by the simulated annealing method in relation to the solution of this applied problem. As a tool of intellectual support in choosing the numerical parameters of optimization algorithms, the method of fuzzy control of Takagi and Sugeno was used in the developed decision-making system. The authors proposed a base of rules for the implementation of fuzzy control, as well as the membership functions necessary to implement fuzzy inference. The article shows how the method of fuzzy control of Takagi and Sugeno helps to carry out intellectual support in the system of decision making when constructing modified schemes of stochastic search algorithms. Using the techniques described in the article, an automated system of intellectual support for decision-making processes involved in the formation of the optimal chemical composition of cast iron alloys has been developed.

Keywords: fuzzy logic, stochastic search, annealing simulation method, random variable, distribution function, algorithm scheme

Для решения задач оптимизации в настоящее время разработаны многочисленные методы стохастического поиска, основанные на марковских случайных процессах [1, 2]. В частности, одними из самых эффективных методов для случая оптимизации многоэкстремальной целевой функции являются метаэвристические: метод имитации отжига, являющийся примером метода Монте-Карло; эволюционные алгоритмы, моделирующие процессы естественного отбора; муравьиный алгоритм и многие другие [3]. Метаэвристические методы позволяют находить оптимальные решения для задач, являющихся трудноразрешимыми с точки зрения прямого аналитического исследования [4]. Во многом именно поэтому данные методы являются эффективными

и популярными современными инструментами для решения широкого круга оптимизационных задач [5].

Одно из важнейших достоинств данных методов заключается в том, что правильная реализация (модификация с учётом решаемой задачи) метаэвристического алгоритма позволяет обеспечить нахождение близкого к оптимальному решения за разумное время или малое число итераций [1, 6]. Такая гибкость в организации схем стохастического поиска актуализирует исследования в области оптимизации схем алгоритмов случайного поиска с использованием методов нечеткого управления: например для случаев, когда расчетные параметры алгоритмов в системах со сложной иерархией варьируются в зависимости от решаемых в процессе управления задач [7].

Цель исследования: оптимальная модификация схем алгоритмов стохастического поиска методом имитации отжига (simulated annealing) применительно к решению отдельной прикладной задачи – поиска оптимальных значений координат опорных точек кусочно-линейных диаграмм деформирования, необходимых для проведения вычислительных экспериментов в автоматизированной системе принятия решений по управлению процессом формирования химического состава отливок из чугуна. Для принятия решений в автоматизированной системе используются методы нечеткого управления. Принципы работы системы принятия решений в системе управления процессом формирования оптимального химического состава отливок из чугуна подробно рассмотрены в работе [8].

В работе [9] S. Kirkpatrick предложил метод случайного поиска глобального минимума функции, называемый simulated annealing (метод имитации отжига). Киркпатрик сформулировал метод для условий наличия явных ограничений на изменяемые параметры [2]. Метод эффективно определяет минимум заданной для x функции $f(x)$. При этом переменная x определена на некотором дискретном или непрерывном пространстве Ω. Элементы данного пространства представлены как состояния мнимой системы, под энергией которой понимаются значения самой функции $E = f(x)$. Под температурой понимают параметр системы T, который уменьшается со временем. Основное его предназначение – «тушение» алгоритма для случая, когда не заданы иные условия остановки работы алгоритма. Параметр T соответствует каждому состоянию системы x. Каждое следующее состояние системы генерируется с использованием заданной функции $G(x, T)$, являющейся вероятностным распределением. Функция $G(x, T)$ генерирует случайный элемент из пространства Ω при известных x и T. В новое состояние $x' = G(x, T)$ система переходит с вероятностью $p(\Delta E, T)$, в ином случае состояние x' генерируется снова на новом шаге алгоритма. Величина ΔE определяется как изменение энергии системы, а величина $p(\Delta E, T)$ является вероятностью принятия нового состояния.

Поиск глобального минимума целевой функции $f: R^n$ осуществляется на некотором собственном подмножестве метрического пространства R^n:

$$f(x_1, ..., x_n) \to \min, x \in \Omega, \Omega \in R^n,$$

где подмножество Ω определяется ограничениями в виде $q(x) = 0$, $q : R^n$.

В качестве функции, задающей вероятность принятия нового состояния, выбирается либо точное значение

$$h(\Delta E, T) = \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{\Delta E}{T}\right)},$$

либо приближенное значение

$$h(\Delta E, T) = \exp\left(-\frac{\Delta E}{T}\right).$$

Последняя формула используется с условием $p(\Delta E, T) > 1$ в случае $\Delta E < 0$, и тогда вероятность перехода в новое состояние $p(\Delta E, T)$ считается равной 1. Поиск минимума целевой функции завершается при уменьшении значения параметра T до некоторого заданного уровня T_{end}. Таким образом, схема метода отжига задается следующими параметрами: законом изменения параметра $T(k)$, где k – номер шага; порождающим семейством вероятностных распределений $G(x, T)$; функцией вероятности перехода системы в новое состояние $p(\Delta E, T)$.

Одной из самых распространенных схем метода simulated annealing является схема Больцмана. В данной схеме изменение параметра T алгоритма задается формулой

$$T(k) = \frac{T_0}{\ln(1 + k)}, \; k > 0.$$

Если T принять за дисперсию, x – за математическое ожидание, то плотность вероятностных распределений выбирается как семейство нормальных распределений, задаваемых функцией

$$g(x'; x, T) = \frac{1}{(2\pi T)^{D/2}} \cdot \exp\left(-\frac{|x' - x|^2}{2T}\right),$$

где D – размерность метрического пространства состояний.

Таблица 1

Выбор алгоритма оптимизации параметров

Размерность области стохастического поиска	Оптимизируемые параметры Ξ	Модификация алгоритма оптимизации
$1 \le D \le 8$	$\xi_{15}, \xi_{16}, \xi_{22}, \xi_{23}$	Схема Больцмана модификации А
	$\xi_1, \xi_2, \xi_8, \xi_9$	Схема Больцмана модификации А
$8 < D \le 20$	$\xi_{15}, \xi_{16}, \xi_{17}, \xi_{18}, \xi_{19}, \xi_{22}, \xi_{23}, \xi_{24}, \xi_{25}, \xi_{26}$	Схема Коши модификации А, Б или В
	$\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4, \xi_5, \xi_8, \xi_9, \xi_{10}, \xi_{11}, \xi_{12}$	
$20 < D \le 28$	$\xi_{15}, \ldots, \xi_{28}$	
	$\xi_1, \ldots, \xi_{14}$	Сверхбыстрый поиск

Таблица 2

Выбор алгоритма оптимизации параметров при оптимизации значений содержания химических элементов в сплаве

Размерность области стохастического поиска	Оптимизируемые параметры Ξ	Модификация алгоритма оптимизации
$1 \le D \le 6$	ξ_1, ξ_2	Схема Больцмана модификации А, Б или В
	ξ_3, ξ_4	Схема Коши модификации А, Б или В
	ξ_5, ξ_6	Сверхбыстрый поиск
$6 < D \le 10$	$\xi_1, \ldots, \xi_3$	Схема Коши модификации А, Б или В
	$\xi_4, \ldots, \xi_6$	
	$\xi_7, \ldots, \xi_{10}$	Сверхбыстрый поиск или алгоритм Ксин Яо
$10 < D \le 14$	$\xi_1, \ldots, \xi_5$	Схема Коши модификации А, Б или В
	$\xi_6, \ldots, \xi_{10}$	
	$\xi_{11}, \ldots, \xi_{14}$	Алгоритм Ксин Яо

Другой распространенной схемой метода имитации отжига является схема Коши. В данной схеме изменение параметра T алгоритма задается формулой

$$T(k) = \frac{T_0}{k}, \; k > 0 .$$

При данной схеме не будет иметь место отсутствие гарантии нахождения оптимума, поскольку здесь использованы нормированные распределения Коши с плотностью, заданной уравнением

$$g(x'; x, T) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{T}{|x' - x|^2 + T^2} .$$

Данные схемы допускают модификации А, Б и В, подробно описанные в работах [1, 10].

Данные схемы алгоритмов стохастического поиска используются для оптимизации значений координат кусочно-линейных деформационных диаграмм и параметров химического состава в системе управления процессом структуризации чугунных сплавов [4, 8]. Выбор альтернатив решений при оптимизации значений координат кусочно-линейных деформационных диаграмм (ξ_1, ..., ξ_{28}) в системе управления представлен в табл. 1. Выбор альтернатив решений при оптимизации значений содержания химических элементов в сплаве чугунов (ξ_1, ..., ξ_{14}) представлен в табл. 2.

Схема принятия решения при выборе модификации алгоритма оптимизации параметров множества Ξ представлен на рис. 1.

В качестве инструмента интеллектуальной поддержки при выборе численных параметров алгоритмов оптимизации коэффициентов характеристических диаграмм в разработанной системе принятия решений применяется метод нечеткого управления Такаги и Сугено [11]. Данный метод применяется здесь для определения коэффициента χ, влияющего на скорость сходимости алгоритма поиска: $T(k) = T_0 / \ln(k^{\chi})$ для схемы Больцмана и $T(k) = T_0 / \sqrt[4]{k^{\chi}}$ для схемы Коши.

В системе принятия решений [8] сигнал, подающийся на вход модуля нечеткого управления [4], имеет вид $\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2)$, где x_1 – значение размерности области стохастического поиска (D), x_2 – значение, характеризующее сложность композиционной структуры чугунного сплава, – количество

фаз в матрице сплава (графиты, феррит, аустенит и др.). $\overline{x}_1$ и $\overline{x}_2$ могут принимать следующие значения:

– малое: $1 \le \overline{x}_1 \le 8$, $1 \le \overline{x}_2 \le 2$;

– среднее: $8 < \overline{x}_1 \le 20$, $2 < \overline{x}_2 \le 4$;

– большое: $20 < \overline{x}_1$, $4 < \overline{x}_2$.

База правил модуля записывается в виде:

$R^{(1)}$: **ЕСЛИ** (x_1 малое И x_2 малое) **ТОГДА** $y_1 = 0{,}5 + 0{,}045x_1 + 0{,}11x_2$,

$R^{(2)}$: **ЕСЛИ** (x_1 малое И x_2 среднее) **ТОГДА** $y_2 = 0{,}5 + 0{,}025x_1 + 0{,}063x_2$,

$R^{(3)}$: **ЕСЛИ** (x_1 малое И x_2 большое) **ТОГДА** $y_3 = 0{,}51 + 0{,}02x_1 + 0{,}005x_2$,

$R^{(4)}$: **ЕСЛИ** (x_1 среднее И x_2 малое) **ТОГДА** $y_4 = 0{,}55 + 0{,}02x_1 + 0{,}01x_2$,

$R^{(5)}$: **ЕСЛИ** (x_1 среднее И x_2 среднее) **ТОГДА** $y_5 = 0{,}55 + 0{,}021x_1 + 0{,}015x_2$,

$R^{(6)}$: **ЕСЛИ** (x_1 среднее И x_2 большое) **ТОГДА** $y_6 = 0{,}56 + 0{,}017x_1 + 0{,}005x_2$,

$R^{(7)}$: **ЕСЛИ** (x_1 большое И x_2 малое) **ТОГДА** $y_7 = 0{,}53 + 0{,}017x_1 + 0{,}008x_2$,

$R^{(8)}$: **ЕСЛИ** (x_1 большое И x_2 среднее) **ТОГДА** $y_8 = 0{,}53 + 0{,}018x_1 + 0{,}007x_2$,

$R^{(9)}$: **ЕСЛИ** (x_1 большое И x_2 большое) **ТОГДА** $y_9 = 0{,}6 + 0{,}017x_1 + 0{,}006x_2$.

Правила нечеткого вывода для значений $\overline{x}_1$ и $\overline{x}_2$ вектора входного сигнала представлены на рис. 2.

Выходной сигнал модуля $\overline{y}_k$ определяется здесь следующим образом. Для правил $R^{(k)}$, $k = 2,\ldots,9$ рассчитывается

$$w^k = \min\left\{\mu_{A_1^k}(\overline{x}_1), \mu_{A_2^k}(\overline{x}_2)\right\},\ \overline{y}_k = f^{(k)}(\overline{x}_1, \overline{x}_2),$$

где $\mu_{A_1^k}(\overline{x}_1)$, $\mu_{A_2^k}(\overline{x}_2)$ – результаты нечеткого вывода (рис. 2, *а*, *б*).

Выходной сигнал модуля нечеткого управления Такаги – Сугено тогда будет иметь вид

$$\chi = \left(\sum_{k=1}^{N} w^k \overline{y}_k\right) / \left(\sum_{k=1}^{N} w^k\right).$$

Для анализа предложенного способа модификаций проведения вычислительных экспериментов написана программа для ЭВМ, позволяющая осуществлять интеллектуальную поддержку принятия решений при формировании химического состава отливок из чугуна [8]. Один из модулей программы позволяет анализировать зависимости между расчетными параметрами алгоритма и основными характеристиками его работы – точности и скорости сходимости к оптимальным значениям. Основные результаты такого анализа приведены в работе [1]. Графически приближение точек ξ_1 (x_C), ξ_3 (x_{Mn}), ξ_4 (x_P), ξ_5 (x_S) (каждая десятая итерация) для чугуна марки ЧХ1 к найденному оптимальному значению проиллюстрировано на рис. 3 (в процессе оптимизации была выбрана схема Больцмана).

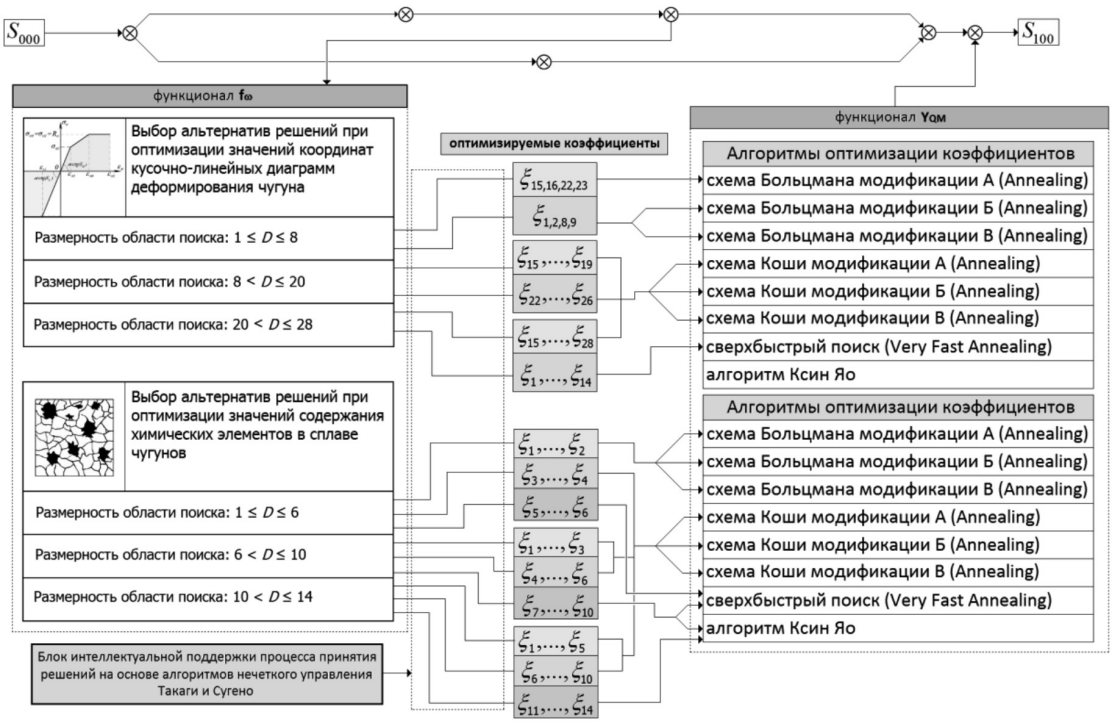
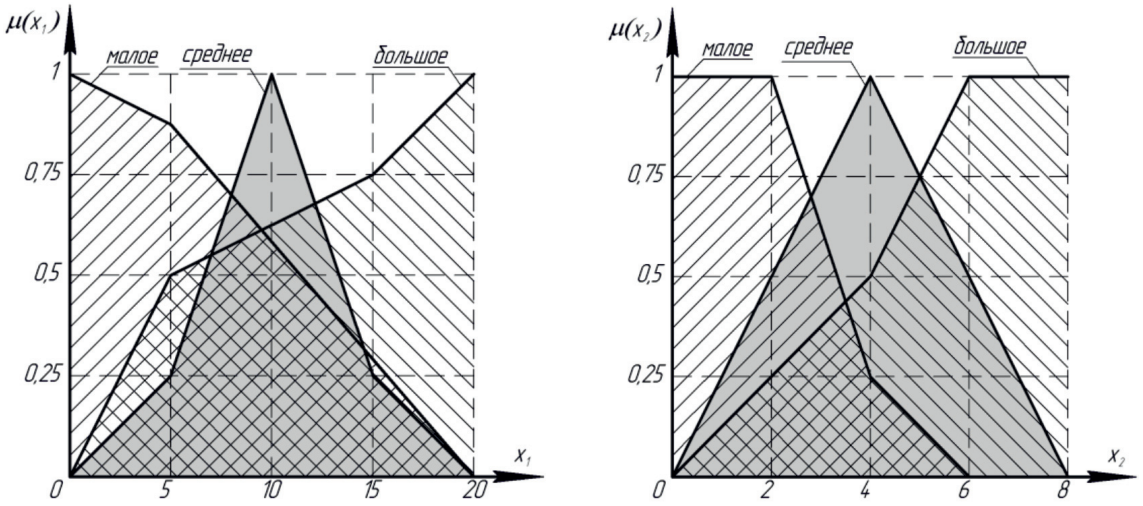


Рис. 1. Схема принятия решения при выборе модификации алгоритма оптимизации



а) *б)*

Рис. 2. Функции принадлежности для значений вектора входного сигнала: а – для параметра $\overline{x}_1$, б – для параметра $\overline{x}_2$

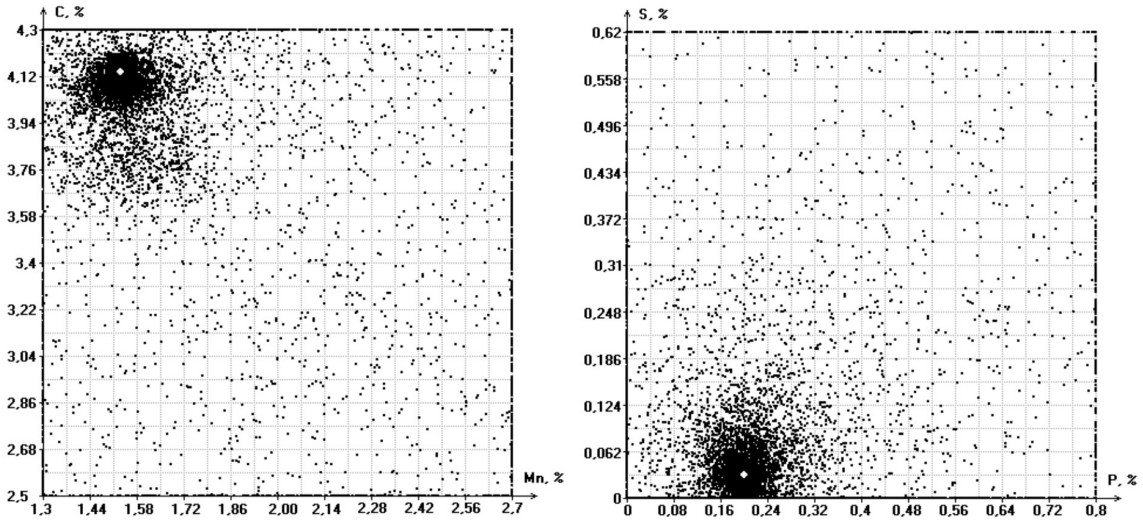


Рис. 3. Приближение значений коэффициентов ξ_1 (x_C), ξ_3 (x_{Mn}), ξ_4 (x_P), ξ_5 (x_S) к оптимальным

Выводы

Таким образом, метод нечёткого управления Такаги и Сугено помогает осуществить интеллектуальную поддержку в системе принятия решений при построении модифицированных схем алгоритмов стохастического поиска посредством автоматического расчета параметров алгоритмов в зависимости от размерности пространства поиска или количества оптимизируемых величин. С применением описанного метода разработана автоматизированная система интеллектуальной поддержки принятия решений процессов, участвующих в формировании оптимального химического состава чугунных сплавов.

Список литературы

1. Корнеев А.М., Суханов А.В. Исследование точности и скорости сходимости алгоритмов стохастической оптимизации функций на многомерном пространстве // Вестник АГТУ. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. 2018. № 3. С. 26–37.

2. Ingber L. Simulated Annealing: Practice versus theory. Mathematical and Computer Modelling. 1993. Vol. 18 (11). P. 29–57.

3. Zhigljavsky A., Zilinskas A. Stochastic Global Optimization. Berlin: Springer. 2008. 262 p.

4. Корнеев А.М., Суханов А.В. Структура системы принятия решений по управлению процессом формирования химического состава отливок из чугуна // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». 2018. № 6. С. 73–77.

5. Щербина О.А. Метаэвристические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации (обзор) // Таврический вестник информатики и математики. 2014. № 1 (24). С. 56–72.

6. Грибанова Е.Б. Стохастический алгоритм поиска // Прикладная информатика. Journal of applied informatics. 2017. № 2 (68). С. 130–134.

7. Альбакасов А.И., Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Оптимизация систем со сложной иерархией // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 2. С. 324–327.

8. Корнеев А.М., Бузина О.П., Суханов А.В., Галай И.Г. Интеллектуальная поддержка принятия решений в системе управления процессом формирования оптимального химического состава отливок из чугуна // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 7. С. 37–42.

9. Kirkpatrick S., Gelatt C.D., Vecchi M.P. Optimization by simulated annealing. Science. 1983. Vol. 220. P. 671–680.

10. Тихомиров А.С. О быстрых вариантах алгоритма отжига (simulated annealing) // Стохастическая оптимизация в информатике. 2009. Т. 46. № 3. С. 379–394.

11. Takagi T., Sugeno M., Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1985. vol. 15. P. 116–132.

УДК 677.054.845

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ТКАНИ (БАТАННЫХ МЕХАНИЗМОВ) В ТКАЦКИХ СТАНКАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Максимов А.А., Тувин А.А., Аллямов Р.Р.

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», Иваново, e-mail: tuvin@ivgpu.com

Настоящая статья посвящена сравнительному анализу существующих конструкций батанных механизмов ткацких станков специального назначения. Батанный механизм предназначен для подвода и уплотнения (прибоя) уточной нити к опушке вырабатываемой ткани. При этом он обеспечивает движение прокладчика утка по брусу батана в зеве нитей основы; производит прибивание бердом проложенных уточин к опушке вырабатываемой ткани; осуществляет размещение нитей основы посредством зубьев берда по заправочной ширине ткацкого станка, устанавливая тем самым заправочную ширину ткани и ее плотность по основе. Эти механизмы можно классифицировать по виду прибоя утка (способу подвода и уплотнения утка); виду (типу) приводного механизма; кратности воздействия на формируемый элемент ткани. Проведена систематизация конструкций механизмов подвода и уплотнения уточных нитей ткацких станков и предложена их уточненная классификация: по виду прибоя утка – непрерывное и периодическое формирование элемента ткани; по виду приводного механизма – рычажные, кулачковые, кулачково-рычажные и с приводом от индивидуального двигателя; по количеству (кратности) воздействий на вырабатываемый элемент ткани – одноприбойные, двухприбойные, многоприбойные и виброприбойные. Данная классификация позволит повысить качество анализа и оценить на этапе проектирования конструктивные параметры механизмов формирования ткани.

Ключевые слова: ткацкий станок, схема ткацкого станка, брус батана, батанный механизм, привод батанного механизма, классификация ткацких станков

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EXISTING DESIGNS FABRIC FORMATION MECHANISMS (BATANNY MECHANISMS) IN WEAVING LOOMS OF A SPECIAL PURPOSE

Maksimov A.A., Tuvin A.A., Allyamov R.R.

Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, e-mail: tuvin@ivgpu.com

This article is devoted to the comparative analysis of the existing structures of the battle mechanisms of special purpose looms. Botany mechanism is designed to engage and seal (surf) the weft yarn to the edge is produced bytivemos tissue. However, he provides the movement of the plotter duck on the beam of Bataan in the throat of the warp threads produces nailing a bird laid utechin to the edge of the generated tissue; the placement of the warp threads through the reed teeth by filling the width of the loom, thereby establishing the gas the width of the fabric and its density on the basis of. These mechanisms can be classified according to: type of surf duck (the method of supplying and compacting weft); type (kind) of the drive mechanism; the multiplicity of impacts generated by an element of the fabric. The systematization of structures and mechanisms engage and seal the weft threads of the looms and offered them a refined classification: in the mind of the surf duck – continuous and periodic formation of the fabric element; referring to the drive mechanism – lever, a Cam, a Cam-lever and driven by individual motor; the number (multiplicity) of the impacts generated by the element fabric – odnopolie, dumpable, mnohopillya and vibropribor. This classification will improve the quality of the analysis and evaluate the structural parameters of the mechanisms of tissue formation at the design stage.

Keywords: the weaving loom, scheme of the loom, timber of batten, batten mechanism, drive of battery mechanism, classification of looms

Батанный механизм ткацкого станка предназначен для подвода и уплотнения (прибоя) уточной нити к опушке вырабатываемой ткани. При этом он обеспечивает движение прокладчика утка по брусу батана в зеве нитей основы; производит прибивание бердом проложенных уточин к опушке вырабатываемой ткани; осуществляет размещение нитей основы посредством зубьев берда по заправочной ширине ткацкого станка, устанавливая тем самым заправочную ширину ткани и ее плотность по основе.

Цель исследования заключается в систематизации существующих конструкций механизмов формирования ткани в ткацких станках специального назначения путем проведения их сравнительного анализа.

Материалы и методы исследования

Изучение механизмов формирования ткани, выбранных в качестве объекта исследования, показывает, что их можно классифицировать по виду прибоя утка (способу подвода и уплотнения утка); виду (типу) приводного механизма; кратности воздействия на формируемый элемент ткани.

Упрощенная технологическая схема изготовления ткани на ткацком станке приведена на рис. 1. Различия конструктивных параметров механизмов формирования ткани приведут к появлению специфических свойств выпускаемой продукции.

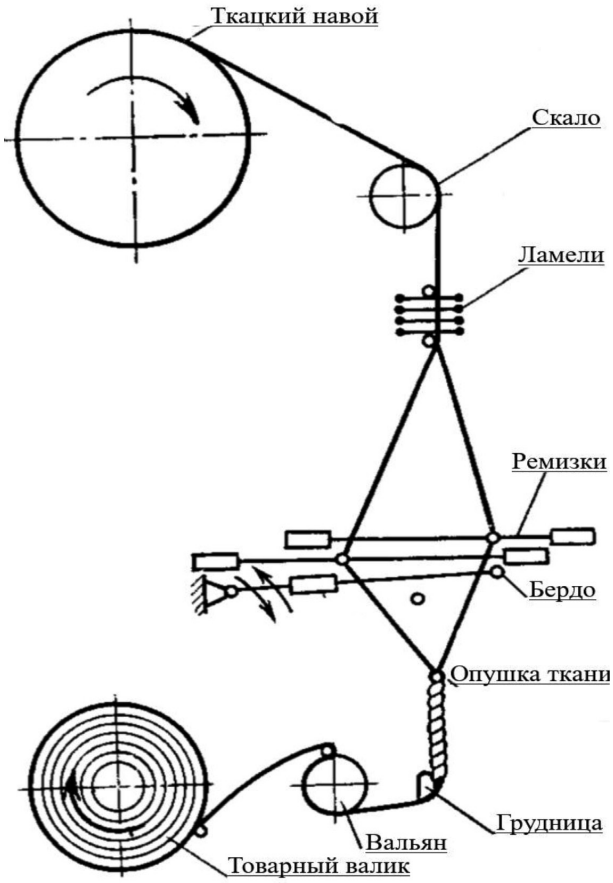


Рис. 1. Упрощенная технологическая схема изготовления ткани

На рис. 2 представлена разработанная уточненная классификация батанных механизмов, в которой к тому же выделены серым фоном виды (типы) батанных механизмов, в наибольшей степени используемых в ткацких станках специального назначения [1]. К этим механизмам относятся рычажные, кулачковые и кулачково-рычажные механизмы с использованием одно- или двухприбойного способа формирования элемента ткани.

Подвести и прибить уточную нить к опушке вырабатываемой ткани можно периодическим и непрерывным способами. В первом случае уточина периодически подводится и прибивается к опушке вырабатываемой ткани. Во втором случае – при непрерывном формировании элемента ткани за движущимся прокладчиком утка, технологические операции подвода и прибоя уточных нитей и зевообразования совмещены по фазам движения. Таким образом появляется возможность непрерывного и одновременного прокладывания, подведения и прибоя к опушке вырабатываемой ткани нескольких уточин.

Батанные механизмы с периодическим (фронтальным) прибоем уточины имеют самые различные конструктивные схемы. По виду (типу) приводного механизма их можно разделить на рычажные, кулачковые, кулачково-рычажные и с приводом от индивидуального двигателя. Схемы батанных механизмов, в наибольшей степени используемых в данных ткацких станках, изображены на рис. 3, где кинетические пары механизмов обозначены буквами.

При выработке тяжелых технических тканей, как правило, используют батанные механизмы рычажного типа, так как они могут обеспечить инерционный прибой путем создания необходимого момента инерции масс. В результате конструктивных особенностей звеньев этих механизмов (в том числе размеры и массы звеньев) существуют сравнительно большие границы варьирования моментом инерции масс звеньев, что предоставляет ресурс вырабатывать достаточно широкий спектр тканых изделий.

В рычажных батанных механизмах в соответствии с количеством звеньев можно выделить четырехзвенные, шестизвенные и др.

В отечественных ткацких станках типа АТ, ТЛ-2/70, СТР-120 (рис. 3, схема 1); ТЛБ, ТЛБК и АЛТБ (рис. 3, схема 2) нашли применение батанные механизмы с четырьмя звеньями.

На широких ткацких станках типа АТ в шерстотканье, а также на специальных станках типа СТР-8-250, СТР-4-180 (рис. 3, схема 8) используют шестизвенные батанные механизмы. Этот тип батанного механизма обеспечивает возможность существенно увеличить время прокладки утка по сравнению с четырехзвенным механизмом.

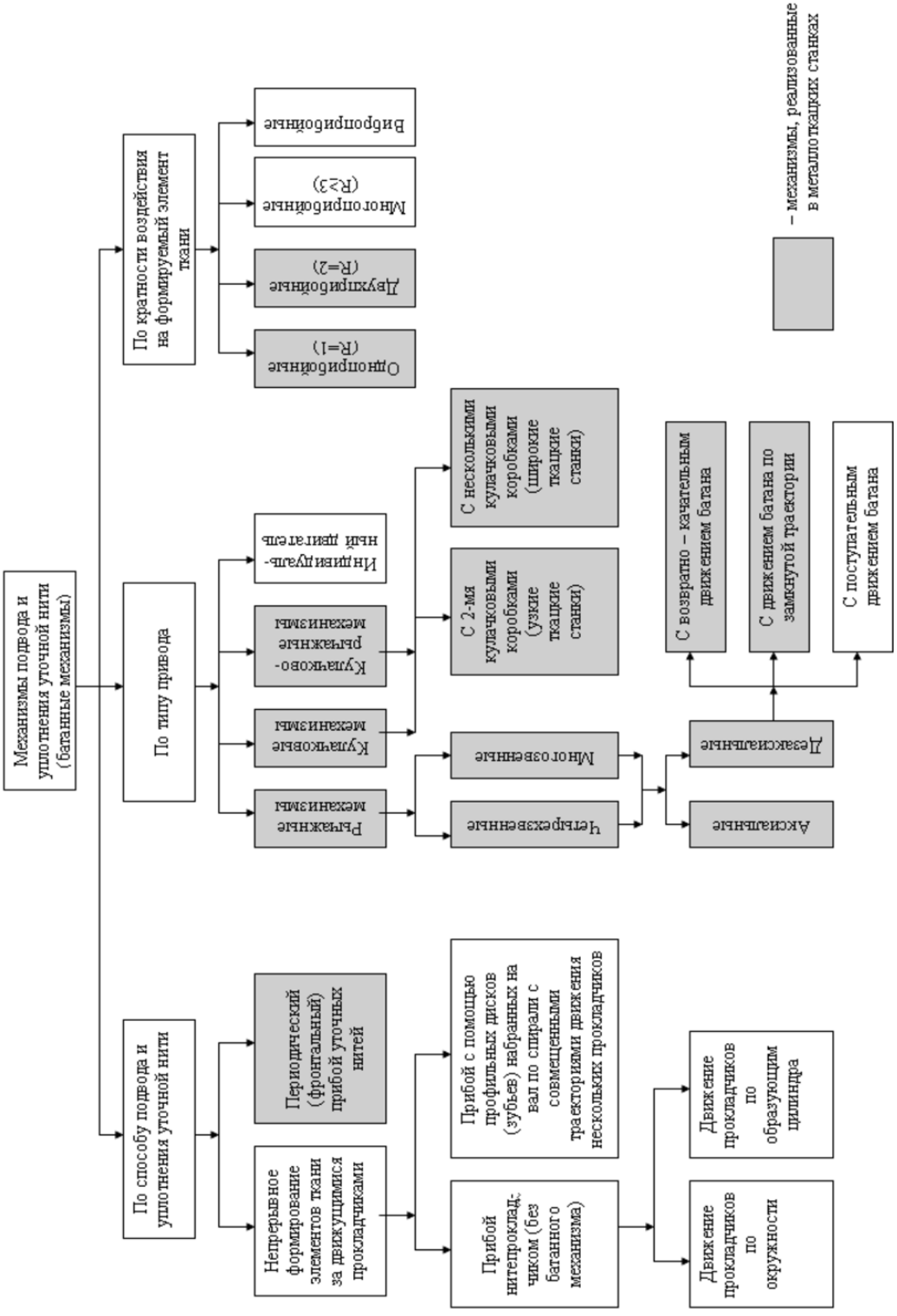


Рис. 2. Уточненная классификация батанных механизмов

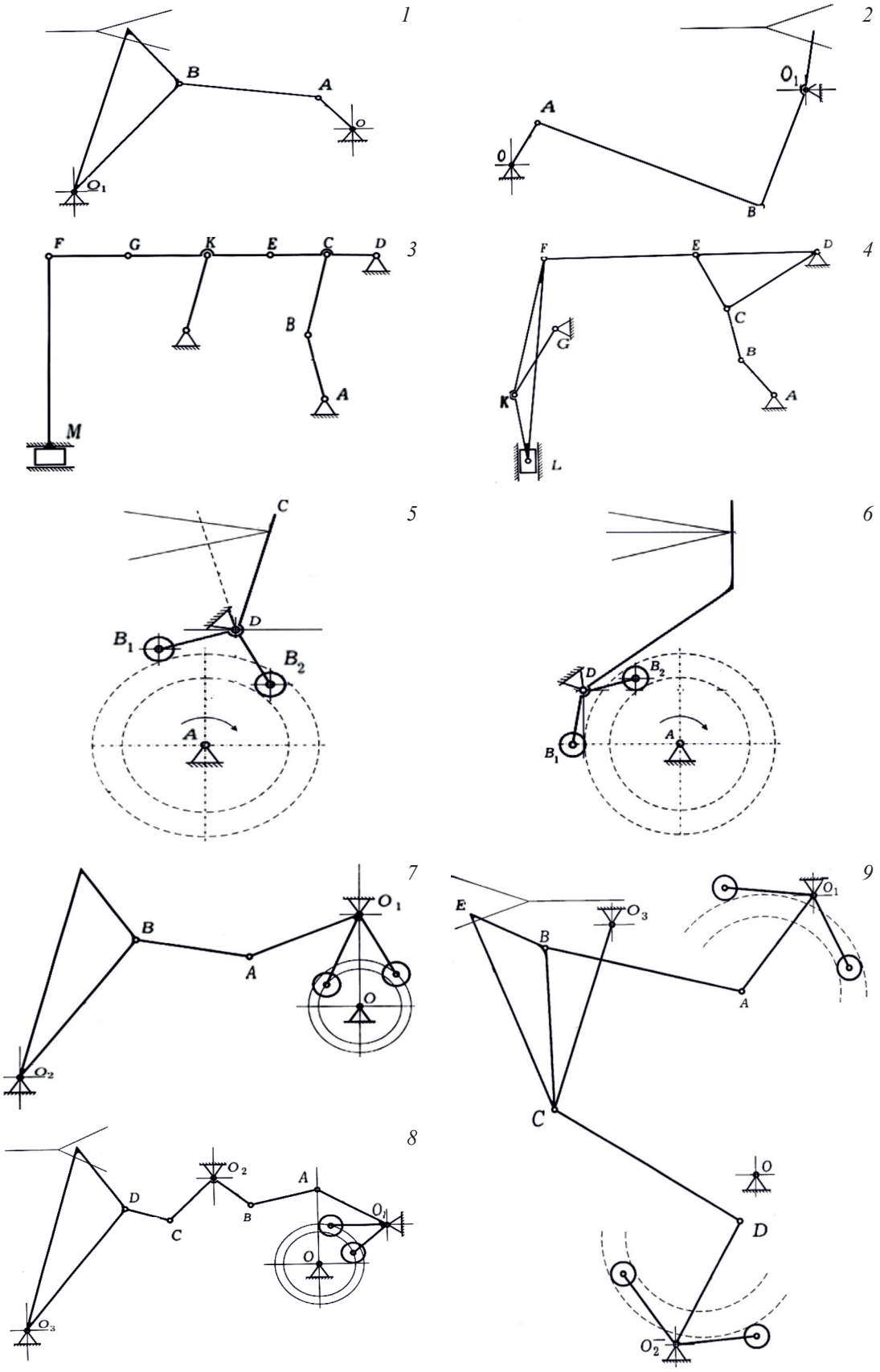


Рис. 3. Основные схемы батанных механизмов

При выработке широких тяжелых тканей на челночных станках и для выработки лент на станках ТЛБК-4-150 применяют восьмизвенный рычажный батанный механизм (рис. 3, схема 3). Для выработки тканых металлических сеток на станках UDWZ и ТП-100-М используют другую конструкцию восьмизвенного батанного механизма (рис. 3, схема 4).

По кратности R воздействия на формируемый элемент ткани механизмы подвода и уплотнения уточных нитей делятся: на одноприбойные (R = 1, рис. 3, схемы 1 и 2); двухприбойные (R = 2, рис. 3, схемы 3 и 4); многоприбойные (R > 3); виброприбойные.

Результаты исследования и их обсуждение

В ткацких станках специального назначения очень часто используют батанные механизмы с одним прибоем. При этом необходимо отметить, что некоторые конструкции данных батанных механизмов могут реализовывать одно- и двукратное воздействия на формируемый элемент вырабатываемой ткани. Количество воздействий определяется регулировками длин звеньев механизмов (рис. 3, схемы 7 и 8).

В работах [2, 3] уделено внимание созданию кинематических схем батанных механизмов ткацких станков с многократным воздействием на формируемый элемент вырабатываемой ткани. Путем присоединения к кинематической структуре четырехзвенного рычажного механизма поочередно одной, двух и трех пар звеньев появляется возможность создания батанных механизмов с двух-, трех-, четырех-, пяти- или семикратным прибоем. При этом нужно отметить, что при одинаковом добавлении структурных образований (пар звеньев) появляется возможность реализации многократного прибоя уточины. Кратность прибоя утка определяется настройками станка путем регулировок длин звеньев батанного механизма [4].

Вопросы воздействия вибрации на прибой утка раскрыты в работах С.В. Ямщикова, например в [5]. Он разработал математическую модель вибрационного прибоя проложенной уточины для вынужденных колебаний системы с одной и двумя степенями свободы. Им был создан опытный образец ткацкого станка с заправочной шириной 150 мм и виброчастотой – 40..140 Гц.

Использование кулачков в приводах к батанным механизмам обеспечивает возможность изменять цикловую диаграмму работы механизма и применять практически любой закон движения толкателя. Тем самым обеспечивается необходимая фаза выстоя в одном или обоих крайних положениях лопасти батана. При выборе закона движения толкателя анализируются режимы и характер воздействия технологических нагрузок в механизме, появляется возможность влияния на изменение абсолютных величин угловых ускорений батана, что в свою очередь позволит снизить инерционные нагрузки на звенья привода батанного механизма. Цикл работы кулачковых батанных механизмов состоит из следующих фаз движения выходного звена – лопасти:

– перемещение лопасти батана из переднего положения (прибой) в заднее;

– выстой лопасти в заднем (иногда и в переднем) положении;

– перемещение лопасти батана из заднего положения к переднему (к опушке ткани).

Конструктивные схемы кулачковых батанных механизмов отечественных ткацких станков типа СТБ и АТПР представлены на рис. 3, схемы 5 и 6. Обладая очевидными достоинствами – минимализм звеньев, компактность конструкции, эти батанные механизмы имеют и недостатки – высокая технологическая трудоемкость изготовления в связи с жесткими требованиями к точности; большие величины скоростей и ускорений ведомых роликов (особенно при увеличении геометрических размеров кулачков); явления ударов и проскальзывания в роликах.

Батанные механизмы с кулачково-рычажным приводом используют в ткацких станках при выработке технических и специальных тканей (например, махровых тканей). Для образования петли введения уточины в зев основы в этих станках необходима периодическая коррекция позиции берда в момент прибоя.

Аналогичные конструкции батанных механизмов используют при изготовлении тканых металлических сеток на станках модельного ряда СТР-100-М, СТР-130-М (рис. 3, схемы 7 и 8). Для изготовления металлосеток с большей плотностью на данных станках имеется конструктивная возможность увеличения до двухкратности воздействия берда на формируемый элемент сетки. Это обеспечивается изменением жесткого угла между плечами толкателя кулачкового механизма и звеном l_1.

Известен оригинальный способ тканеформирования [6], при котором в процессе прибоя уточной нити выделены два этапа: этап подведения уточной нити к зоне тканеформирования и этап тканеформирования. Для реализации этого способа сконструирован механизм [7] с двумя (основным и дополнительным) кулачковыми приводами батана (рис. 3, схема 9). Основной кулачковый привод с помощью толкателя l_1 перемещает уточину к опушке ткани. В то же время лопасть батана вращается вокруг оси С подбатанного вала, который находится на первом этапе тканеформирования неподвижным. При завершении первого этапа от допол-

нительного кулачкового привода получает движение толкатель l_6. В результате лопасти батана сообщается дополнительное угловое движение вокруг пальца лопасти (ось В). На втором этапе тканеформирования перемещение берда регулируется путем изменения момента начала движения толкателя l_6. Эта регулировка обеспечивается конструктивным методом за счет возможности корректировки длины толкателя l_6. Расчет кинематических параметров данного механизма выявил, что если величина перемещения уточной нити на втором этапе тканеформирования соответствует величине прибойной полоски, то при формировании элемента ткани фактически отсутствует ударное действие батана на опушку вырабатываемой ткани. В то же время уменьшение углового хода батана не изменяет безударного способа тканеформирования.

Данный тип батанного механизма спроектирован в Шуйском СКБ ткацкого оборудования. Он прошел промышленные испытания при выработке тяжелых тканей специального назначения на рапирном ткацком станке ТР-180-Т.

Выводы

1. Проведен сравнительный анализ существующих конструкций механизмов формирования ткани в ткацких станках специального назначения.

2. Разработана классификация конструкций батанных механизмов:

– по виду прибоя утка (способу подвода и уплотнения утка);

– виду (типу) приводного механизма;

– кратности воздействия на формируемый элемент ткани.

3. Разработана уточненная классификация механизмов подвода и уплотнения уточной нити.

4. Данная классификация позволит повысить качество анализа и оценить на этапе проектирования конструктивные параметры механизмов формирования ткани.

Список литературы

1. Тувин А.А. Развитие научного и методического обеспечения процессов проектирования оборудования и технического контроля производства тканых металлических сеток: дис. … докт. техн. наук. Иваново: ИГТА, 2012. С. 216.

2. Тувин А.А. Собственные изгибно-крутильные колебания бруса батана металлоткацкого станка на фазе взаимодействия берда с опушкой ткани // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 9. С. 86–91.

3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 430 с.

4. Борисов А.И., Журавлёва О.С., Макаров В.А., Хозина Е.Н. Определение оптимального срока службы механизмов ткацких машин // Дизайн и технологии. 2016. № 51 (93). С. 84–89.

5. Ямщиков С.В., Сурин М.Н. Выбор оптимальной конструкции вибропривода механомагнитного типа для ткацкого станка с вибрационным прибоем утка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1990. № 3. С. 105.

6. Суров В.А. Обобщённая теория динамики упругих систем батанных механизмов и её приложение к рапирным металлоткацким станкам: дис. ... докт. техн. наук. Иваново: (ИГТА), 2005. С. 18.

7. Шляпугин Р.В. Разработка и исследование рапирного механизма прокладывания утка для металлоткацкого станка типа DM: дис. ... канд. техн. наук. Иваново: ИГТА, 2010. С. 34–56.

УДК 004.3:621.396:536.2

АПРИОРНЫЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПУТЕМ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Меркухин Е.Н.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» Министерства образования и науки РФ, Махачкала, e-mail: dstu@dstu.ru

В статье предлагается априорный критерий, позволяющий с хорошей точностью оценить перспективы улучшения теплового режима путем рационального размещения электронных элементов на плате, установленной в микроблоке электронной аппаратуры. Для вычисления критерия используются параметры тепловой модели для платы, реализующей принцип суперпозиции температурных полей. В вычислении участвуют только тепловые коэффициенты, которые представляют с физической точки зрения тепловые сопротивления между посадочными позициями микросхем и теплостоком. В качестве критерия используется нормированная сумма собственных перегревов, вычисление которой не занимает много времени. Вычисляются два значения: оптимистичное и пессимистичное. Разница между этими двумя значениями, выраженная в процентах, и определяет потенциальную возможность по улучшению теплового режима путем рационального размещения электронных элементов на плате. Адекватность предложенного критерия подтверждается путем проведения вычислительного эксперимента по расчету теплового режима и выявлению снижения среднего перегрева электронных элементов. Вычислительный эксперимент был проведен для печатной платы с 24 посадочными позициями и радиальным отводом тепла. Предложенный критерий исключает возможность неверных оценок, в отличие от известных критериев, и позволяет сразу отказаться от попыток оптимизации теплового режима, если он незначителен, что экономит время и финансовые затраты.

Ключевые слова: плата микроблока, тепловая модель, суперпозиция температурных полей, тепловые коэффициенты влияния, оптимальное размещение источников

A PRIORI CRITERIA OF EVALUATION EFFECTIVENESS OPTIMIZATION OF THERMAL MODE BY THE RATIONAL PLACEMENT OF ELECTRONIC ELEMENTS

Merkukhin E.N.

Dagestan State Technical University of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Makhachkala, e-mail: dstu@dstu.ru

The article suggests an a priori criterion that allows to estimate with high accuracy the prospects of improving the thermal regime by rationally placing electronic elements on the board installed in the microblock of electronic equipment. To calculate the criterion, we use the parameters of the thermal model for a board that implements the principle of superposition of temperature fields. In the calculation, only thermal coefficients participate, which represent, from a physical point of view, the thermal resistances between the landing position of Chip and thermal receiver. As a criterion we use the normalized sum of our own overheating, the calculation of which does not take much time. Two values are calculated: optimistic and pessimistic. The difference between these two values, expressed as a percentage, determines the potential for improving the thermal regime by rationally placing electronic elements on the board. The adequacy of the proposed criterion is confirmed by carrying out a computational experiment for calculating the thermal regime and revealing a reduction in the average overheating of electronic elements. A computational experiment was carried out for a printed circuit board with 24 landing positions and radial heat removal. The proposed criterion excludes the possibility of incorrect estimates, in contrast to known criteria, and allows you to immediately abandon attempts to optimize the thermal regime, if it is insignificant, which saves time and financial costs.

Keywords: board of microblocks, thermal model, a superposition of temperature fields, thermal influence coefficients, optimal location of heat sources

Задача обеспечения нормального теплового режима электронного аппарата относится к одной из важнейших задач его проектирования. Способы обеспечения требуемого теплового режима подразделяются на активные и пассивные. Активные способы предполагают использовать системы охлаждения с тем или иным теплоносителем, позволяющим переносить тепловую энергию от источников тепла к теплостоку. В пассивных способах обеспечения теплового режима электронных аппаратов имеют место следующие механизмы:

− использование элементов конструкций с хорошей теплопроводностью;

− использование при установке элементов специальных теплопроводных паст для снижения теплового контактного сопротивления;

− снижение энергопотребления за счет динамического управления питанием микросхем в зависимости от их работы или простоя;

− рациональное размещение источников тепла в электронных аппаратах.

Обеспечение оптимального теплового режима без использования активных си-

стем охлаждения позволяет уменьшить весогабаритные характеристики электронных аппаратов, а в некоторых случаях снизить их стоимость.

Пассивные способы наиболее актуальны при обеспечении требуемого теплового режима для электронных аппаратов с жесткими ограничениями на весогабаритные характеристики и специфическими условиями эксплуатации, например невесомость, вакуум.

Оптимизация теплового режима путем рационального размещения источников тепла позволяет снизить температуру электронных элементов, что повышает надежность электронных аппаратов, поскольку она существенно зависит от их рабочей температуры [1–5]. Учет тепловых факторов в задаче размещения добавляет еще один критерий, и задача усложняется. Поэтому очень важно оценить: какой потенциал имеется для улучшения теплового режима. Если перспективы улучшения теплового режима слабые, то нет необходимости учитывать тепловые критерии в задаче размещения.

В [6] предложен критерий для оценки перспектив улучшения теплового режима путем рационального размещения электронных элементов. Недостаток этого критерия заключается в том, что он не учитывает характер распределения тепловых сопротивлений от посадочных позиций электронных элементов до теплостока и может неадекватно оценивать ситуацию в некоторых случаях. Например, в случае, когда условия теплоотвода от посадочных позиций мало отличаются между собой, этот критерий может предсказать хорошие перспективы, так как он ориентируется только на характер распределения мощностей электронных элементов. А это будет неверно, так как в этом случае никаких перспектив нет.

Цель исследования: в данной работе предлагается новый критерий, позволяющий с хорошей точностью оценить перспективы улучшения теплового режима путем рационального размещения электронных элементов на плате, установленной в микроблоке электронной аппаратуры. Адекватность предложенного критерия обосновывается теоретически и подтверждается практически путем проведения вычислительного эксперимента.

Материалы и методы исследования

Для вычисления критерия используются параметры тепловой модели, реализующей принцип суперпозиции температурных полей [7]:

$$v_i = \sum_{i=1}^{n} F_{ij} p_j \ ,$$

где v_i – перегрев i-й части системы относительно окружающей среды (теплостока); F_{ij} – тепловой коэффициент влияния j-той области на i-ю; p_j – мощность, рассеиваемая j-й областью системы; n – число характерных областей, из которых состоит система.

Для оценки перспектив улучшения теплового режима за счет рационального размещения электронных элементов предлагается использовать следующий критерий:

$$K = \left(\frac{T_{\max}}{T_{\min}} - 1 \right) \times 100^{\%} \ ,$$

где $T_{\min} = \sum_{i=1}^{n} p_i F_{ii}$;

$$T_{\max} = \sum_{i=1}^{n} p_{n-i+1} F_{ii} \ ;$$

$\{p_1, p_2, p_3, ..., p_n\}$ – множество упорядоченных по невозрастанию мощностей рассеивания электронных элементов;

$\{F_{11}, F_{22}, F_{33}, \ldots, F_{nn}\}$ – множество упорядоченных по неубыванию тепловых коэффициентов.

Будем считать, что количество электронных элементов n равно количеству посадочных позиций. Случаи, когда посадочных позиций больше, чем электронных элементов, легко свести к принятому допущению, считая мощности рассеяния недостающих элементов нулевыми (добавить недостающее количество элементов с нулевой мощностью рассеивания).

С физической точки зрения коэффициент F_{ii} представляет собой тепловое сопротивление от посадочной позиции до теплостока. Физический смысл произведения $p_i F_{jj}$ – это собственный перегрев электронного элемента с мощностью p_i, установленного на посадочную позицию j.

Таким образом, вычисляется сумма собственных перегревов электронных элементов для их оптимального размещения T_{min} (оптимистичное значение) и для неоптимального размещения T_{max} (пессимистичное значение).

Нетрудно доказать, что всегда будет соблюдаться неравенство: $T_{max} \geq T_{min}$. Для этого нужно доказать, что перестановка любых двух электронных элементов не уменьшит T_{min} и не увеличит T_{max}. Допустим, что в выражении для T_{min} переставили элементы p_i и p_j. Тогда получим

$$T^{\bullet}_{\min} = p_1 F_{11} + p_2 F_{22} + \ldots + p_i F_{jj} + \ldots + p_j F_{ii} + \ldots + p_{n-1} F_{(n-1)(n-1)} + p_n F_{nn} \ .$$

Теперь найдем разность:

$$\Delta T_{\min} = T^{\bullet}_{\min} - T_{\min} = p_i F_{jj} + p_j F_{ii} - p_i F_{ii} - p_j F_{jj} = (F_{ii} - F_{jj})(p_j - p_i) \ .$$

В силу того, что тепловые коэффициенты упорядочены по неубыванию, а мощности рассеивания – по невозрастанию, результаты в скобках ($F_{ii} - F_{jj}$) и ($p_j - p_i$) будут иметь одинаковые знаки, либо результат их перемножения может быть равным нулю, при условии $F_{ii} = F_{jj}$ или $p_j = p_i$ или $p_j = p_i = 0$. Из проведенного анализа следует, что $\Delta T_{min} \geq 0$, то есть любая перестановка электронных элементов не может уменьшить T_{min}.

Аналогичное доказательство можно привести и для T_{max}, то есть любая перестановка электронных элементов не может увеличить T_{max}.

Можно поставить также задачу: при каком характере распределения мощностей может быть достигнуто максимальное значение критерия *K*. При этом подразумевается, что суммарная мощность рассеивания электронных элементов – величина неизменная. Для этого необходимо решить две задачи линейного программирования (1), (2):

$$\begin{cases} T_{\min} = \sum_{i=1}^{n} p_i F_{ii} \to \min \\ \sum_{i=1}^{n} p_i = P \\ p_i \geq 0; i = 1,2,..., n \end{cases}, \quad (1)$$

$$\begin{cases} T_{\max} = \sum_{i=1}^{n} p_{n-i+1} F_{ii} \to \max \\ \sum_{i=1}^{n} p_i = P \\ p_i \geq 0; i = 1,2,..., n \end{cases}. \quad (2)$$

Эти задачи легко решаются с помощью надстройки «найти решение» приложения Excel. Решение этих задач даст нам минимально возможное значение $\min(T_{min})$ и максимально возможное $\max(T_{max})$ при неизменной суммарной мощности рассеивания электронных элементов. Теперь можно вычислить максимально возможное значение критерия K_{max}:

$$K_{\max} = \left(\frac{\max(T_{\max})}{\min(T_{\min})} - 1 \right) \times 100^{\%}.$$

Выбор для оценки перспектив оптимизации теплового режима критерия *K* легко обосновать тем, что собственные перегревы непосредственно формируют температурное поле, а критерий фактически указывает, в каких пределах возможно снизить перегревы.

Для проверки теоретических исследований проведем вычислительный эксперимент. Объектом исследования выбрана печатная плата, а областями являются посадочные позиции, имеющие мощности рассеивания установленных в них источников тепла, представляющих собой интегральные схемы. В работе [7] рассмотрена технология вычисления тепловых коэффициентов. Воспользуемся её результатами, полученными для платы с 24 посадочными позициями и радиальным теплоотводом. Плата с позициями, пронумерованными в порядке неубывания тепловых коэффициентов F_{ii}(i = 1,2,…,24), представлена на рис. 1. Для удобства пронормируем значения тепловых коэффициентов относительно максимальной величины. Это не повлияет на значения критерия K.

После нормализации будем иметь следующие значения тепловых коэффициентов:

$$F_{11} = F_{22} = F_{33} = F_{44} = 0{,}79;$$

$$F_{55} = F_{66} = F_{77} = F_{88} = 0{,}82;\ F_{99} = F_{10,10}$$

$$= = F_{11,11} = F_{12,12} = 0{,}84;$$

$$F_{13,13} = F_{14,14} = F_{15,15} = F_{16,16} = 0{,}87;\ F_{17,17} =$$

$$= F_{18,18} = F_{19,19} = F_{20,20} = 0{,}98;\ F_{21,21} =$$

$$= F_{22,22} = F_{23,23} = F_{24,24} = 1{,}0.$$

Для проведения вычислительного эксперимента были выбраны следующие значения мощностей рассеивания в ваттах:

$$p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = 0{,}17;\ p_5 = p_6 = p_7 = p_8 = 0{,}15;$$

$$p_9 = p_{10} = p_{11} = p_{12} = 0{,}12;\ p_{13} = p_{14} = p_{15} = p_{16} = 0{,}1;$$

$$p_{17} = p_{18} = p_{19} = p_{20} = 0{,}08;$$

$$p_{21} = p_{22} = p_{23} = p_{24} = 0{,}06.$$

В качестве инструментального средства для расчета тепловых режимов применена подсистема расчета тепловых режимов микроблоков электронной аппаратуры, использованная в работе [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Вычислим сначала значение критерия для принятых исходных данных:

$$K = ((p_{24}F_{11} + p_{23}F_{22} + p_{22}F_{33} + p_{21}F_{44} + p_{20}F_{55} +$$

$$+ p_{19}F_{66} + p_{18}F_{77} + p_{17}F_{88} + p_{16}F_{99} + p_{15}F_{10,10} +$$

$$+ p_{14}F_{11,11} + p_{13}F_{12,12} + p_{12}F_{13,13} + p_{11}F_{14,14} +$$

$$+ p_{10}F_{15,15} + p_9F_{16,16} + p_8F_{17,17} + p_7F_{18,18} + p_6F_{19,19} +$$

$$+ p_5F_{20,20} + p_4F_{21,21} + p_3F_{22,22} + p_2F_{23,23} + p_1F_{24,24})/$$

$$(p_1F_{11} + p_2F_{22} + p_3F_{33} + p_4F_{44} + p_5F_{55} + p_6F_{66} + p_7F_{77} +$$

$$+ p_8F_{88} + p_9F_{99} + p_{10}F_{10,10} + + p_{11}F_{11,11} + p_{12}F_{12,12} +$$

$$+ p_{13}F_{13,13} + p_{14}F_{14,14} + p_{15}F_{15,15} + p_{16}F_{16,16} + p_{17}F_{17,17} +$$

$$+ p_{18}F_{18,18} + p_{19}F_{19,19} + p_{20}F_{20,20} + p_{21}F_{21,21} +$$

$$+ p_{22}F_{22,22} + p_{23}F_{23,23} + p_{24}F_{24,24}) - 1) \times 100\% = 5{,}98\%.$$

Критерий показывает, что улучшение теплового режима возможно в пределах 5,98 %.

Теперь проведем расчеты с помощью подсистемы расчета тепловых режимов для случая оптимального и неоптимального размещения элементов. Результаты представлены в таблице.

Подсчитаем разницу средних значений перегревов для оптимального и неоптимального размещения в процентах относительно теплостока, температура которого $t_{\text{теплостока}} = 25$ градусов:

$$\Delta\upsilon = ((\upsilon_{\text{сред. неоптим.}} / \upsilon_{\text{сред. оптим}}) - 1)\times 100\,\% =$$
$$= ((16{,}53/15{,}58) - 1)\times 100\,\% = 6{,}09\,\%,$$

где $\upsilon_{\text{сред. неоптим.}} = t_{\text{сред. неоптим.}} - 25$; $\upsilon_{\text{сред. оптим.}} = t_{\text{сред. оптим}} - 25$; $t_{\text{сред}}$ – средняя температура.

Экспериментальные расчеты показывают незначительные отличия возможностей улучшения теплового режима за счет рационального размещения электронных элементов от результатов, определяемых по предложенному критерию K. Разница в районе полпроцента вписывается в погрешности расчета. На рис. 2 показан график, отражающий изменение температуры посадочных позиций для оптимального и неоптимального размещения электронных элементов.

Решение задач (1) и (2) при неизменной суммарной мощности электронных элементов позволило вычислить $K_{\max}$:

$$K_{\max} = \left(\frac{\max(T_{\max})}{\min(T_{\min})} - 1\right)\times 100^{\%} =$$
$$= \left(\frac{2{,}72}{2{,}149} - 1\right)\times 100 = 26{,}58\%.$$

Расчет тепловых режимов, для случая распределения мощностей рассеивания, соответствующего $K_{\max}$, дал следующий результат: разница средних значений перегревов для оптимального и неоптимального размещения в процентах относительно теплостока составила 29,68 %. Это результат близкий к $K_{\max} = 26{,}58\,\%$. Здесь следует отметить, что решения задач (1) и (2) дают нереальный результат распределения мощностей, то есть вся мощность рассеивания сосредоточена в одном электронном элементе, хотя такая ситуация на практике не может возникнуть.

Расчеты с помощью подсистемы расчета тепловых режимов для случая оптимального и неоптимального размещения элементов

	Оптимальный вариант	Неоптимальный вариант	Номер посадочного места
Температура посадочных позиций (°С)	39,9	39,3	1
	40,0	39,5	2
	40,0	39,4	3
	40,0	39,5	4
	40,6	40,9	5
	40,6	40,8	6
	40,7	40,9	7
	40,7	40,9	8
	40,6	41,5	9
	40,6	41,6	10
	40,6	41,6	11
	40,6	41,6	12
	40,0	40,6	13
	40,2	40,8	14
	40,0	40,6	15
	40,2	40,7	16
	41,0	42,8	17
	41,1	42,8	18
	41,0	42,8	19
	41,0	42,8	20
	41,1	43,8	21
	41,2	43,8	22
	41,1	43,8	23
	41,1	43,8	24

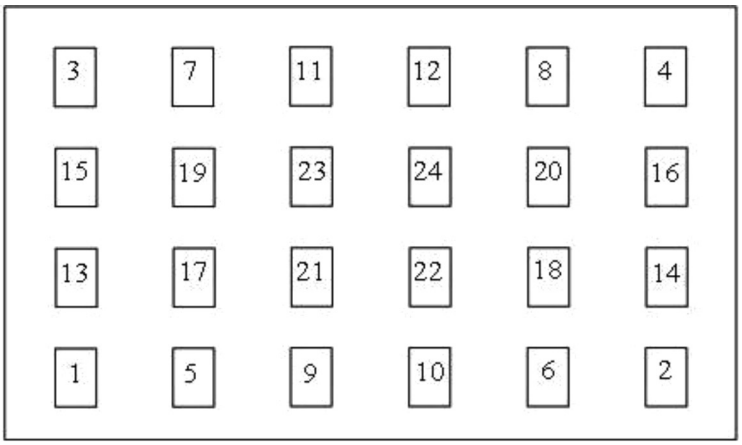


Рис. 1. Нумерация посадочных позиций на плате

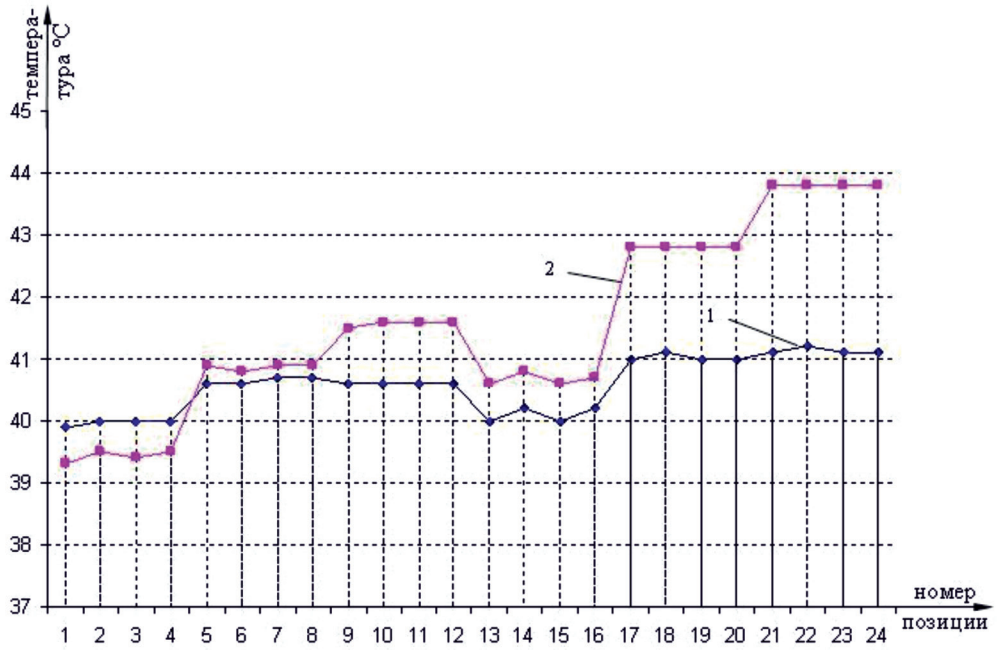


Рис. 2. Температура позиций для оптимального – 1 и неоптимального – 2 размещения

Были проведены также расчеты для случая решения задач (1) и (2) с введением дополнительных ограничений: $p_i \geq p_{\min}$; $p_i \leq p_{\max}$ ($i = 1,2,\ldots,24$). В нашем эксперименте $p_{\min} = 0{,}06$ вт, $p_{\max} = 0{,}17$ вт. При этом получили результат: $K = 7{,}55\,\%$, $\Delta\upsilon = 6{,}25\,\%$.

Результаты вычислительных экспериментов показали сильную корреляционную связь между K и Δυ (вычисленное значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена равно 1).

Заключение

Проведенные исследования, подкрепленные конкретным примером, показали, что предложенный критерий адекватно определяет возможности улучшения теплового режима путем рационального размещения электронных элементов, исключает возможность неверных оценок и его можно успешно использовать для принятия решений при проектировании.

Список литературы

1. Иофин А.А., Яблонский Н.С. Практические результаты анализа повышения надежности бортовых РЭС летательных аппаратов при повышенных температурах эксплуатации // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2013. Т. 1. С. 101–103.

2. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: учебник для вузов по специальности «Конструирование и производство радиоаппаратуры». М.: Высш. шк., 1984. 247 с.

3. Иванов И.А., Королев П.С., Полесский С.Н. Разработка макромоделей прогнозирования надежности функциональных узлов с учетом влияния температуры окружающей среды // Системный администратор. 2016. № 11. (168). С. 80–85.

4. Кравченко Е.В., Ивлева Д.Ю. Надежность работы узла авиационной радиоэлектроники в стационарном режиме работы при пониженном атмосферном давлении // Фундаментальные исследования. 2013. № 6–5. С. 1079–1084.

5. Ерошкин А.Л., Попо Р.А. Оценка надёжности полупроводниковых приборов и микросхем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12. С. 221–225.

6. Меркухин Е.Н. Исследование эффективности оптимального размещения электронных элементов на платах с теплопроводами // Системные технологии. 2014. № 4 (13). С. 52–55.

7. Меркухин Е.Н. Синтез тепловой модели на основе принципа суперпозиции температурных полей для платы микроблока электронной аппаратуры // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10–4. С. 534–538.

УДК 622.7:544.16

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ УГЛЯ

Москаленко Т.В., Михеев В.А., Ворсина Е.В.

ФГБУН «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского» Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: labkiy@mail.ru

Статья посвящена вопросам установления связи между структурой и свойствами углей, что является актуальной проблемой углехимии. Физико-химические свойства ископаемых углей определяются свойствами его органической массы. Изучение строения и структуры углей необходимо не только для того, чтобы знать, как их использовать и во что перерабатывать, но и для того, чтобы знать, как перерабатывать угли, какие условия переработки задавать для конкретных технологических процессов. Изучение строения и структуры угля необходимо не только для определения направлений его использования и переработки, но и для установления этапов, реагентов и наиболее рациональных режимных параметров технологического процесса переработки сырья в определенный готовый продукт. Показано, что такая характеристика, как «молекулярная масса» угля, достаточно хорошо отражает степень метаморфизма, а также является определяющей для изучения состава и строения угольного сырья. Приведены методики расчета молекулярной массы на 100 атомов углерода или на 100 атомов органической массы угля, что зависит от принятой к рассмотрению среднестатистической структурной единицы. Для обширной базы бурых и каменных углей России различных марок, а также для антрацита, древесины и торфа определен исследуемый показатель, и расчет показал, что молекулярная масса среднестатистической структурной единицы, содержащей 100 атомов углерода, при переходе от низких к высоким стадиям метаморфизма монотонно снижается. По результатом расчетов наглядно показано, что молекулярная масса на 100 атомов углерода имеет меньший разброс на графике по сравнению с точками, отражающими молекулярную массу на 100 атомов органической массы угля. В результате проведенной математической обработки данных была получена математическая модель, которая может являться рабочим теоретическим инструментом изучения структуры твердых горючих ископаемых, определения направлений и условий переработки угля при исследованиях углехимической направленности.

Ключевые слова: твердые горючие ископаемые, уголь, строение угля, органическая масса углей, молекулярная масса, углерод, структурные показатели

MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATION OF MOLECULAR MASS OF COAL

Moskalenko T.V., Mikheev V.A., Vorsina E.V.

Mining Institute of the North named after N.V. Chersky SB RAS, Yakutsk, e-mail: labkiy@mail.ru

The article is devoted to one of the main problems of coal chemistry – the establishment of a connection between the structure and properties of coals. Since the physical and chemical properties of coal are determined by the properties of its organic mass, the determination of the suitability of coals for specific technological processes is impossible without taking into account the peculiarities of its structure. It is shown that such a characteristic as the “molecular mass” of coal, fairly well reflects the degree of metamorphism, and also crucial for studying the composition and structure of coal raw materials. Methods for calculating the molecular weight per 100 carbon atoms or for 100 atoms of the organic mass of coal are given, which depends on the average statistical unit adopted for consideration. For the extensive base of brown and bituminous coal in Russia of various grades, as well as for anthracite, wood and peat, the indicator is determined. The calculation showed that the molecular weight values calculated per 100 carbon atoms are a monotonically decreasing curve reflecting a decrease in the molecular weight of the average statistical unit containing 100 carbon atoms in the transition from low to high stages of metamorphism. The results of calculations is clearly shown that the molecular weight per 100 carbon atoms has a smaller scatter on the graph in comparison with the points reflecting the molecular weight per 100 atoms of the organic mass of the coal. As a result of the mathematical data processing, a mathematical model was obtained that can be a working theoretical tool for studying the structure of solid fossil fuels, including in coal-chemical studies in solving specific chemical and technological problems for processing coal.

Keywords: solid fossil fuels, coal, coal structure, organic mass of coals, molecular weight, carbon, structural indexes

Сложный состав ископаемых углей характеризуется тремя основными составными частями: органической массой, минеральными компонентами и влагой [1]. Соотношение этих макрососставляющих является индивидуальным для углей каждого месторождения или даже его участка.

Органическая масса, содержание минеральных компонентов и влага находятся в тесной взаимосвязи между собой и являются основой определения свойств ископаемых углей при оценке их качества. Так, влага в угле влияет на поверхностные характеристики и реакционную способность органической массы. Минеральные компоненты имеют существенное влияние как при горении твердых горючих ископаемых, так и в процессах переработки. Но основные физико-химические и химико-технологические свойства углей характеризует именно органическая масса, состав и содержание которой обуславливает принадлежность угля к определенной технологической марке и, соответственно, наиболее рациональное его использование. Знание физико-химических свойств углей различ-

ной степени метаморфизма позволяет обосновать как соответствие качества сырья технологическим процессам по направлению его применения, так и оптимальные режимные параметры его переработки в готовый продукт [2, 3]. В связи с этим возникает необходимость в установлении связи между структурой углей и их свойствами. Это – одна из основных задач углехимии.

Цель исследования: установление взаимосвязи структуры и свойств органической массы угля должно основываться на результатах фундаментальных исследований, которые проводятся в двух направлениях: первое связано с установлением молекулярной структуры и выявлением ее особенностей, второе – посвящено изучению надмолекулярного строения [1, 4].

По данным прямых спектроскопических и рентгеноструктурных методов исследований структура органической составляющей неоднородна и состоит в основном из макромолекул нерегулярного строения различной величины. Поэтому, говоря о «молекулярной структуре органической массы», имеется в виду усредненная структура, отнесенная к единице массы угля. Эта усредненная структура формируется по данным элементного, функционального, мацерального и фрагментального анализов [1].

Более точно органическая составляющая угля может быть представлена с помощью структурных параметров. Эти параметры должны определять физико-химические свойства как отдельных органических молекул, так и всей органической массы угля в целом. В соответствии с этим физические параметры от органических молекул можно было перенести ко всей органической массе и эти параметры должны быть экспериментально определяемыми. К этим молекулярно-структурным параметрам в первую очередь относится элементный состав угля (числа разных сортов атомов *C*, *H*, *N*, *O*, *S*), отдельные типы связей (σ- и π-связи), функциональных групп, насыщенных и ароматических циклов и т.д., между которыми есть математические или статистические зависимости [1, 4].

Исходя из этого в целях упрощения расчетов в углехимии принято понятие «среднестатистической структурной единицы». Среднестатистическая структурная единица макромолекулы – это фрагмент структуры, восстанавливающий полную структуру при кратном ее увеличении. Принимая за точку отсчета «среднестатистическую структурную единицу», органическая часть угля представляется в виде гипотетической макромолекулы регулярного строения, и среднестатистическая структурная единица выступает в виде элементарного фрагмента структуры [1].

Исходя из этого, за среднестатистическую структурную органо-массовую единицу угольного вещества в целом или его отдельных компонентов принимается единица массы, которая по элементному, функциональному и фрагментальному составу является копией обозначенной макросистемы [1]. Поэтому молекулярная масса играет роль главного структурного параметра органической массы угля (ОМУ).

Материалы и методы исследования

Молекулярная масса – это сумма масс атомов, входящих в состав данной молекулы, выраженная в атомных единицах массы (а.е.м.):

1 а.е.м. = 1/12 массы атома $^{12}C = 1{,}66057 \cdot 10^{-27}$ кг.

Для органической массы угля молекулярную массу вычисляют несколькими способами на единицу массы [5]: на 100 атомов углерода или на 100 атомов органической массы угля [1], что зависит от принятой к рассмотрению среднестатистической структурной единицы. Следовательно, интерпретация данных по определению молекулярных масс ОМУ и построение математической модели расчета этого важного структурного параметра является актуальной задачей современной науки.

Молекулярная масса ОМУ имеет общую брутто-формулу $C_x H_y N_z O_k S_t$ [1, 5], в которой *x*, *y*, *z*, *k*, *t* означает число разных сортов атомов для среднестатистической структурной единицы, значение *x*, *y*, *z*, *k*, *t* которых можно вычислить из элементного состава. Для этого необходимо:

– определить число молей соответствующих атомов;

– вычислить процентное содержание атомов каждого элемента в составе ОМУ;

– рассчитать число разных сортов атомов на 100 атомов ОМУ или на 100 атомов углерода.

Например, уголь имеет следующий элементный состав (%): $C = 71{,}14$; $H = 4{,}17$; $N = 1{,}12$; $O = 23{,}36$; $S = 0{,}21$.

Число молей атомов углерода составит

$$n_C = \frac{C}{M_C} = \frac{71{,}14}{12{,}01} = 5{,}92\ ,$$

где M_C – относительная атомная масса углерода, а.е.м.

Соответственно для остальных атомов число молей составит $n_H = 4{,}14$; $n_N = 0{,}08$; $n_O = 1{,}46$; $n_S = 0{,}01$, а общее число молей $n = 11{,}61$.

Процентное содержание атомов углерода в составе ОМУ:

$$A_C = 100\frac{n_C}{n} = 100\frac{5{,}92}{11{,}61} = 51{,}03\ \%.$$

Соответственно, для остальных атомов процентное содержание атомов углерода в составе ОМУ составит $A_H = 35{,}64$; $A_H = 0{,}69$; $A_O = 12{,}58$; $A_S = 0{,}06$. Таким образом, молекулярная масса среднестатистической структурной единицы органической массы угля, состоящей из 100 атомов разных сортов, составит 861,59 а.е.м.

Для вычисления молекулярной массы на 100 атомов углерода необходимо вычислить нормировочный коэффициент:

$$\Omega = \frac{100}{A_C} = \frac{100}{51,03} = 1,96,$$

или, подставив вычисленное значение нормировочного коэффициента, получим, что молекулярная масса среднестатистической структурной единицы органической массы угля, состоящей из 100 атомов углерода и соответствующего количества других сортов атомов, составит 1688,36 а.е.м.

По вышеприведенному алгоритму вычислена молекулярная масса для бурых и каменных углей различных марок и бассейнов России, а также для антрацита, древесины и торфа. На рис. 1 наглядно видно, что молекулярная масса среднестатистической структурной единицы, содержащей 100 атомов углерода, при переходе от низких к высоким стадиям метаморфизма монотонно снижается.

Кроме того, точки, отражающие молекулярную массу на 100 атомов углерода, располагаются на графике (рис. 1) более упорядоченно по сравнению с точками, отражающими молекулярную массу на 100 атомов ОМУ. Поэтому для дальнейшего изучения этого структурного параметра принимаем вариант расчета молекулярной массы на 100 атомов углерода.

Для математической модели, основанной на взаимосвязи молекулярной массы на 100 атомов углерода, со структурными параметрами в качестве объекта исследования был взят ряд древесина – торф – бурый уголь – каменный уголь – антрацит, представленный показателями качества (данные технического и элементного анализа) для более чем пятисот проб твердых горючих ископаемых. База данных составлена по литературным источникам, содержащим геологическую информацию [6–7], и данным, приведенным в периодических изданиях [8–10]. Для определения корреляционных зависимостей между исследуемыми параметрами была проведена математическая обработка данных методом регрессионного анализа с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Разработка методики расчета молекулярной массы среднестатистической структурной единицы угля, а следовательно, и органической массы угля в целом, как и нахождение взаимосвязей между структурными параметрами, характеризующими свойства, структуру и изменение степени углефикации твердых горючих ископаемых, основывается на том, что зависимость между структурными параметрами, изменяющимися при преобразовании органического вещества углей в недрах при геологических процессах, имеет не только сложный характер, но и тесную генетическую связь и могут рассматриваться как следствие одной причины. Целью построения данной математической модели было описание корреляционной зависимости молекулярной массы ОМУ, рассчитанной на 100 атомов углерода, и структурных параметров, характеризующих твердые горючие ископаемые.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ зависимости структурных параметров показал наличие линейной связи между ними. Для установления «тесноты» взаимосвязи между вычисленными структурными параметрами был проведен расчет коэффициентов парной корреляции между для ними и построена матрица парных коэффициентов корреляции.

Фрагмент матрицы парных коэффициентов корреляции между молекулярной массой на 100 атомов углерода и структурными параметрами представлен в таблице.

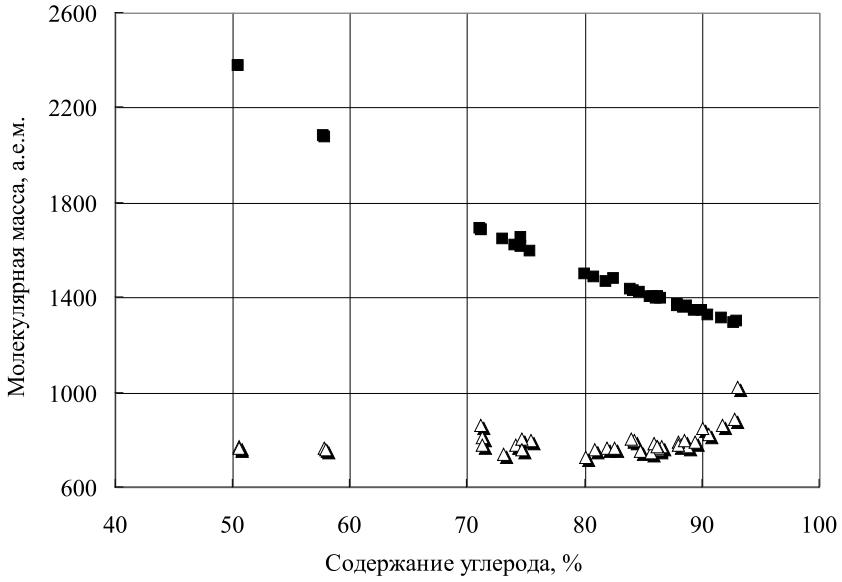


Рис. 1. Молекулярная масса среднестатистической структурной единицы твердых горючих ископаемых: △ – на 100 атомов органической массы угля; ■ – на 100 атомов углерода

Фрагмент матрицы парных коэффициентов корреляции

Показатель	Матрица парных коэффициентов корреляции						
	C	V^{daf}	f_a	N_s	N_{100}	O	Q
M_{100}	**–0,984**	0,852	**–0,984**	**–0,963**	0,956	**0,982**	0,9

Примечание. M_{100} – молекулярная масса на 100 атомов углерода; C, O – содержание в топливе углерода и кислорода соответственно по данным элементного анализа, % на *daf*; V^{daf} – выход летучих веществ на сухую беззольную массу ОМУ; f_a – показатель степени ароматичности ОМУ; N_s – концентрация парамагнитных центров в ОМУ; N_{100} – общее количество связей на 100 атомов углерода; Q – теплота (энтальпия) образования ОМУ.

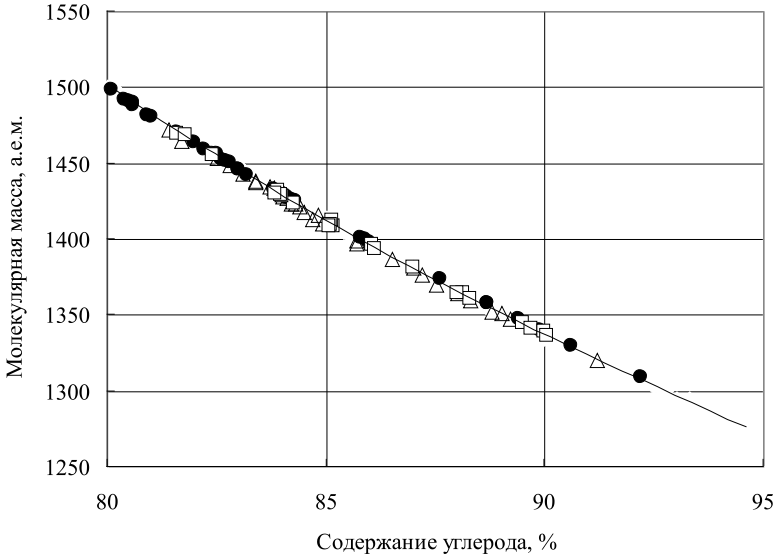


Рис. 2. Молекулярная масса на 100 атомов углерода среднестатистической структурной единицы органической массы углей Австралии (△), ЮАР (●), США (□) и рассчитанная по полученному уравнению (———)

С применением полученной матрицы парной корреляции проведен отбор наиболее значимых показателей в пределах доверительного интервала. Определение нижней границы отбора коэффициентов корреляции производилось таким образом, чтобы разность между максимальным и минимальным значениями составляла величину 2,5 %, что и составило доверительный интервал ошибки расчета данных. Исходя из этого интервала, отбирались структурные показатели для последующего составления уравнений множественной корреляции. Из отобранных таким образом параметров отсеивались те, которые использовались при расчете рассматриваемого параметра. В таблице выделены структурные показатели, имеющие коэффициенты корреляции в пределах выбранного доверительного интервала.

В результате проведенной математической обработки данных было получено следующее уравнение множественной регрессии с коэффициентом корреляции 0,99:

$$M_{100} = 130,385C - 1,941O - \\ -14042 f_a + 461,909 N_s. \quad (1)$$

На рис. 2 показано сопоставление значений молекулярной массы, вычисленных по уравнению (1), и молекулярной массы углей, не вошедших в расчетную базу данных, а именно для углей Австралии, США и ЮАР, из чего можно сделать вывод об адекватности полученного уравнения.

Заключение

Таким образом, с использованием представительной выборки качественных характеристик и данных элементного анализа для углей основных бассейнов России была получена математическая модель (уравнение) для расчета одного из основных структурных параметров ОМУ – молекулярной

массы среднестатистической структурной единицы органической массы угля, содержащей 100 атомов углерода.

Показано монотонное снижение молекулярной массы на 100 атомов углерода в ряду: торф – бурый уголь – каменный уголь – антрацит. Выявлена тесная линейная взаимосвязь молекулярной массы не только с содержанием элементов в угле (углерода и кислорода), но и со степенью ароматичности ОМУ и с концентрацией парамагнитных центров.

Полученная математическая модель является рабочим теоретическим инструментом исследования структуры твердых горючих ископаемых и может найти широкое применение в углехимических исследованиях при решении химических и технологических задач по переработке углей.

Список литературы

1. Гюльмалиев А.М., Гагарин С.Г. Молекулярное моделирование структуры и свойств органической массы углей // Химия твердого топлива. 2010. № 3. С. 16–26.

2. Москаленко Т.В., Михеев В.А. Математическое моделирование электронной структуры углей // Вестник ИрГТУ. 2014. № 6. С. 158–160.

3. Москаленко Т.В., Михеев В.А., Данилов О.С. Модель взаимосвязи генетических и технологических параметров углей, принятых в классификации, со структурными параметрами их органической массы // Кокс и химия. 2010. № 1. С. 8–13.

4. Москаленко Т.В., Данилов О.С., Михеев В.А., Леонов А.М. Молекулярная и электронная структура углей в эмпирических уравнениях // Перспективы развития горно-транспортных машин и оборудования: сб. ст.; Горный информ.-аналит. бюллетень (научно-технический журнал). 2009. Отдельный выпуск № 10. С. 391–398.

5. Гагарин С.Г. Оценка молекулярных моделей органического вещества углей по критерию показателя отражения (Обзор) // Кокс и химия. 2012. № 11. С. 10–18.

6. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири. М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. 604 с.

7. Угольная база России. Том IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. 493 с.

8. Мучник Д.А., Загайнов В.С. Аналитические исследования технологического процесса стабилизации кокса и его эффективности (Сообщение 1) // Кокс и химия. 2012. № 6. С. 9–18.

9. Скрипченко Г.Б. Методология изучения молекулярной и надмолекулярной структуры углей и углеродных материалов // Химия твердого топлива. 2009. № 6. С. 7–15.

10. Балаева Я.С., Мирошниченко Д.В., Кафтан Ю.С. Прогноз классификации показателей углей. Сообщение 3. Высшая теплота сгорания на сухое беззольное состояние // Кокс и химия. 2016. № 4. С. 2–9.

УДК 004.852

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ГИБРИДНОГО АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ

[1]Остроух Е.Н., [1]Требухин А.В., [1]Чернышев Ю.А., [2]Панасенко П.А.

[1]Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: eostr@donpac.ru;
[2]Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко, Краснодар

В данной работе были рассмотрены биоинспирированные алгоритмы как альтернативные методы решения задач с особенностями различных целевых функций, такие как дискретность и мультимодальность. Для последующей гибридизации был осуществлен выбор комбинации алгоритмов и проведен сравнительных анализ преимуществ и недостатков выбранных алгоритмов. Алгоритм частиц роя обладает быстрой сходимостью, но может застревать в локальных экстремумах, в то время как алгоритм имитации отжига обеспечивает поиск выхода из локальных оптимумов из-за его сильной локально-поисковой способности. Разработан оригинальный гибридный биоинспирированный алгоритм, основанный на комбинации положительных свойств алгоритма роя частиц и алгоритма имитации отжига. Этот гибридный подход в полной мере использует возможности обоих алгоритмов и компенсирует слабые стороны каждого из них. Следовательно, благодаря применению алгоритма имитации отжига к алгоритму роя частиц, предложенный гибридный алгоритм способен выходить из локального оптимума. Проведено программное моделирование разработанного гибридного алгоритма. Была составлена блок-схема, и программирование гибридного алгоритма проходило на основе блок-схемы. Разработанный гибридный подход был применён к оптимизации тестовых целевых функций: Растригина и Розенброка. Полученные экспериментальные результаты программного тестирования показали высокую эффективность нового гибридного алгоритма.

Ключевые слова: алгоритмы оптимизации, биоинспирированные алгоритмы, гибридные алгоритмы, алгоритм роя частиц, алгоритм имитации отжига

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE HYBRID ALGORITHM FOR SOLVING NONLINEAR OPTIMIZATION PROBLEMS

[1]Ostroukh E.N., [1]Trebukhin A.V., [1]Chernyshev Yu.A., [2]Panasenko P.A.

[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: eostr@donpac.ru;
[2]Krasnodar Higher Military School named General of the Army S.M. Shtemenko, Krasnodar

In this work, we examined the bioengineered algorithms as alternative methods for solving problems with features of various objective functions, such as discreteness and multimodality. For the subsequent hybridization, a combination of algorithms was chosen and comparative analysis of the advantages and disadvantages of the selected algorithms was carried out. The swarm particle algorithm has fast convergence, but it can get stuck in local extremes, while the annealing simulation algorithm provides a search for an escape from local optima due to its strong local search capability. An original hybrid bioinspiral algorithm is developed, based on a combination of positive properties of the particle swarm algorithm and the annealing simulation algorithm. This hybrid approach takes full advantage of the capabilities of both algorithms and compensates for the weaknesses of each of them. Consequently, due to the application of the annealing simulation algorithm to the particle swarm algorithm, the proposed hybrid algorithm is able to leave the local optimum. The programmed simulation of the developed hybrid algorithm is carried out. A block diagram was constructed and the programming of the hybrid algorithm was based on a flowchart. The developed hybrid approach was applied to optimization of test objective functions: Rastrigin and Rosenbrock. The obtained experimental results of software testing showed high efficiency of the new hybrid algorithm.

Keywords: optimization algorithms, bioinspiral algorithms, hybrid algorithms, particle swarm algorithm, simulation algorithm for annealing

Биоинспирированные алгоритмы – активно развивающаяся область методов оптимизации и принятия решений. На данный момент наиболее перспективным направлением следует считать создание новых версий биоинспирированных алгоритмов, учитывающих проблемно-ориентированную информацию об области поиска оптимальных решений, а также предысторию поиска. Для создания новых высокоэффективных биоинспирированных алгоритмов используется такой метод, как гибридизация. Гибридные биоинспирированные алгоритмы в процессе своего развития могут избавиться от основных недостатков классических биоинспирированных алгоритмов.

Цель исследования: научная новизна исследования заключается в разработке гибридного биоинспирированного алгоритма поиска оптимальных значений, основанного на работе двух совмещенных метаэвристических алгоритмов, при этом без потери их положительных свойств, но с избеганием их недостатков.

Нельзя не отметить, что количество допустимых решений огромно, чаще всего метаэвристические методы дают возможность реализовывать поиск близких к наилучшим

решениям с минимальными вычислительными затратами, в отличие от оптимизационных задач, которые решены традиционным способом [1].

Материалы и методы исследования

Для последующей гибридизации были выбраны два алгоритма: алгоритм роя частиц и алгоритм имитации отжига, а также рассмотрены их сильные стороны и недостатки.

В последние годы всё большее применение при решении различных прикладных задач оптимизации находит алгоритм роя частиц, предложенный в 1995 г. Дж. Кеннеди и Д.К. Эберхартом в качестве алгоритма оптимизации непрерывных нелинейных функций.

Алгоритм оптимизации роя частиц имитирует социальное поведение стаи птиц, косяка рыб. Начиная свою работу на наборе случайно распределенных частиц (потенциальных решений), алгоритм пытается улучшить решения в соответствии с некоторой мерой качества (фитнессфункцией, функцией пригодности). Импровизация выполняется путем перемещения частиц вокруг пространства поиска с помощью набора простых математических выражений, которые моделируют некоторые связи между частицами. Эти математические выражения в их простейшей и самой обычной форме предполагают движение каждой частицы к ее самому лучшему опытному положению, а также к лучшему положению роя, наряду с некоторыми случайными возмущениями. Однако существует множество вариантов, которые используют различные правила обновления значений алгоритма [2].

Одним из основных преимуществ алгоритма роя частиц является его способность относительно быстро находить достаточно хорошие решения. В то же время — это, вероятно, самый признанный недостаток алгоритма. Хотя алгоритм роя частиц обнаруживает качественные решения намного быстрее, чем эволюционные алгоритмы, он не улучшает качество решений по мере увеличения количества поколений. Это связано с тем, что частицы сосредоточены в небольшой области поискового пространства и, следовательно, теряют разнообразие [3].

Гибридизация алгоритма роя частиц с другими биоинспирированными алгоритмами является одной из самых популярных стратегий. Это связано главным образом с тем, что полученный алгоритм сохраняет положительные характеристики метаэвристических алгоритмов, таких как возможность глобального поиска, небольшая зависимость от начальной точки, отсутствие необходимости в информации о градиенте и применимость к негладким или невыпуклым областям поиска. Другой биоинспирированный алгоритм, который может быть успешно гибридизирован с алгоритмом, может быть представлен как отдельным агентом, так и популяцией.

В данной работе предлагается реализовать комбинационный способ повышения эффективности базового алгоритма роя частиц посредством разработки его гибридных версий с применением алгоритма имитации отжига (ИО).

Алгоритм имитации отжига основан на аналогии взятой из термодинамики, которая заключается в следующем: для выращивания кристалла мы начинаем нагревать материал до тех пор, пока он не достигнет его расплавленного состояния. Затем постепенно уменьшаем температуру до образования кристаллической структуры. Стандартная процедура алгоритма ИО начинается с генерации исходного решения случайным образом. На начальных этапах делается небольшое случайное изменение в текущем решении. Затем вычисляется целевое значение функции нового решения и сравнивается с целевой функцией текущего решения. Выполняется переход к новому решению, если он имеет лучшее значение функции или если функция вероятности, реализованная в алгоритме ИО, имеет более высокое значение, чем случайное число. В противном случае создается и оценивается новое решение [4].

Расчет функции вероятности основан на параметре температуры, поскольку он играет аналогичную роль в процессе физического отжига. Чтобы избежать попадания в локальную точку минимума, скорость снижения должна быть медленной. Таким образом, в начале работы алгоритма ИО могут быть приняты самые худшие варианты, но в конечном итоге будут допущены только лучшие, что должно помочь алгоритму выскочить из локального минимума. Алгоритм может быть прерван после того, как определенная часть объема задачи была достигнута или после заданной продолжительности выполнения.

Чтобы избежать преждевременной конвергенции алгоритма роя частиц, предлагаем использовать гибридный биоинспирированный алгоритм, основанный на том, что алгоритм роя частиц обеспечивает быструю сходимость, в то время как алгоритм имитации отжига обеспечивает поиск локальных оптимумов из-за его сильной локально-поисковой способности [5].

Этот гибридный подход в полной мере использует возможности как алгоритма роя частиц, так и алгоритма ИО и компенсирует слабые стороны каждого из них. Следовательно, предложенный гибридный алгоритм способен выходить из локального оптимума. Однако если алгоритм ИО применяется к алгоритму РЧ на каждой итерации, то вычислительная стоимость резко возрастет, и, соответственно, способность к быстрой сходимости алгоритма теряет свои преимущества. Для гибкой интеграции, алгоритм имитации отжига применяется к алгоритму роя частиц каждые K итераций, если не происходит улучшения глобального оптимума. Таким образом, данный гибридный подход способен поддерживать большую часть времени быструю сходимость алгоритма благодаря преимуществам алгоритма роя частиц и избегать локального оптимума с помощью особенностей алгоритма имитации отжига.

Блок-схема данного гибридного алгоритма представлена на рис. 1.

Была произведена программная реализация гибридного алгоритма. Тестирование гибридного алгоритма оптимизации проходило с применением двух тестовых функций: функции Растригина и функции Розенброка.

Функция Растригина имеет вид

$$f(x)=\sum_{i=1}^{n}\left[10+x_i^2-10\cos\left(2\pi x_i\right)\right],$$

где $n = 2$;
$x_1 \in [-5{,}12, 5{,}12]$, $x_2 \in [-5{,}12, 5{,}12]$.

Точка глобального минимума функции находится по координатам [0, 0], а функция принимает значение $f_{\min} = 0$.

Рис. 1. Блок-схема гибридного алгоритма

Функция Розенброка имеет вид

$$f(x)=\sum_{i=1}^{n}\left[100\left(x_{i+1}-x_i^2\right)^2+\left(1-x_i\right)^2\right],$$

где $n = 2$;
$x_1 \in [-30, 30]$, $x_2 \in [-30, 30]$.

Точка глобального минимума функции находится по координатам [1, 1], а функция принимает значение $f_{min} = 0$.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведения исследования работы алгоритма на двух тестовых функциях было реализовано по 100 тестовых запусков алгоритма, при условии, что в рамках одного запуска поиск глобального оптимума проходил до момента достижения максимального числа итераций работы алгоритма или достижения достаточной точности при нахождении наилучшего значения оптимума, которая составляет 0.0000001.

Оценка эффективности работы алгоритмов будет проведена, основываясь на следующие параметры, вычисленные как среднее арифметическое от всех тестовых запусков алгоритма:

1. Среднее время работы алгоритма. Это время в секундах от начала работы алгоритма до момента нахождения первого глобального оптимума, который удовлетворяет достаточной точности.

2. Средняя скорость поиска. Это количество итераций, которые понадобились алгоритму для нахождения первого глобального оптимума, который удовлетворяет достаточной точности.

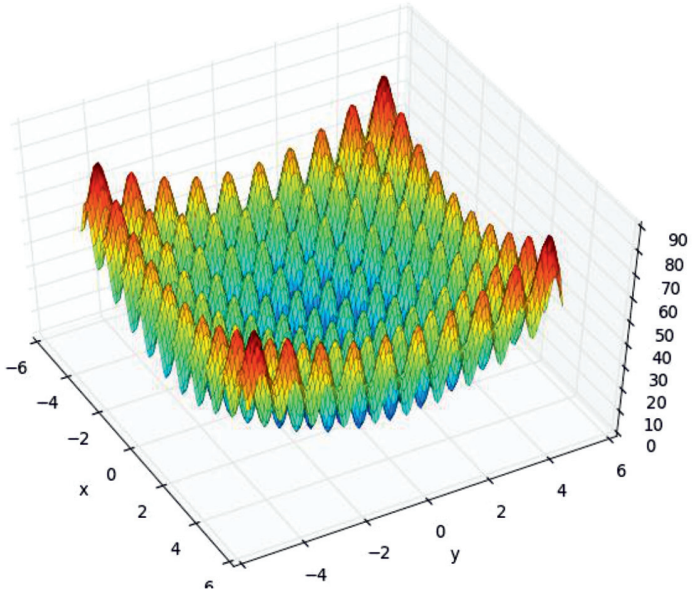


Рис. 2. График функции Растригина

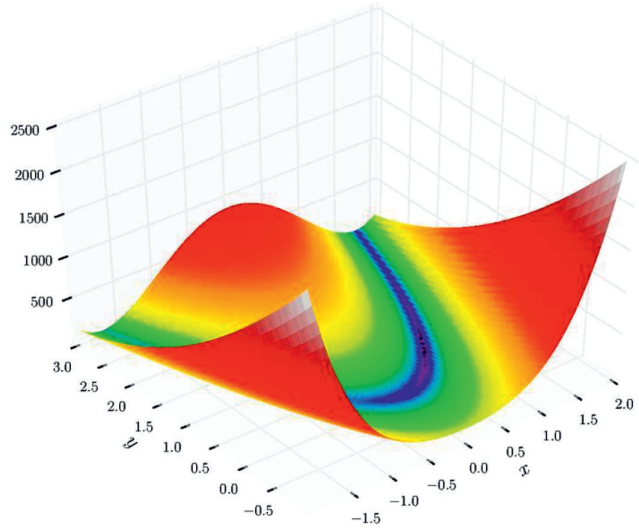


Рис. 3. График функции Розенброка

3. Среднее значение целевой функции. Это значение функции в точке первого глобального оптимума, который удовлетворяет достаточной точности.

В каждом из проведенных испытаний работы гибридного алгоритма оптимизации на целевых функциях был применен одинаковый набор параметров, указанный в табл. 1.

В результате программного тестирования гибридного алгоритма была сформирована табл. 2. Эксперимент прошел успешно, фатальных ошибок не обнаружено, каждый запуск работы гибридного алгоритма оптимизации давал результат.

Таблица 1

Начальный набор параметров

Количество поколений	1000
Размер популяции роя частиц	100
Размерность пространства поиска	2
Начальная температура системы	10
Коэффициент охлаждения	0,99
Коэффициент инерции частиц	0,8
Радиус пространства поиска соседних решений	3

Таблица 2

Результаты экспериментального тестирования

Функция	Среднее время сходимости, с	Средняя скорость сходимости	Среднее значение целевой функции
Розенброка	0,00855	861,6	8,51403858760999e-7
Растригина	0,00446	277,57	5,345056166561335e-8

Выводы

Из табл. 2 видно, что предложенная гибридная комбинация алгоритмов показывает хорошие результаты. Стоит отметить, что разработанный алгоритм показывает наилучшую скорость и время сходимости на функции Растригина.

Полученные экспериментальные результаты программного тестирования позволяют с уверенностью заявить об эффективности гибридного алгоритма, основанного на комбинации методов роя частиц и имитации отжига, в решении оптимизационных задач со спецификой целевой функции.

Разработанный гибридный подход был применён к оптимизации тестовых целевых функций: Растригина и Розенброка. Полученные экспериментальные результаты программного тестирования показали высокую эффективность нового гибридного алгоритма, основанного на комбинации методов роя частиц и имитации отжига, в решении оптимизационных задач со спецификой целевой функции.

Статья написана при поддержке гранта РФФИ № 16-01-00391 «Разработка комбинированных алгоритмов для решения распределительных и транспортных задач с использованием идеологии искусственных иммунных систем и биоинспирированных алгоритмов».

Список литературы

1. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сорокалетов П.В. Биоинспирированные методы в оптимизации. М.: Физматлит, 2009. 380 с.

2. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов // Приложение к журналу «Информационные технологии». 2012. № 7. С. 1–31.

3. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. М.: Физмалит, 2006. 320 с.

4. Родзин С.И. Интеллектуальные системы. Генетические алгоритмы: базовая концепция, когнитивные возможности и проблемные вопросы теории. М.: Физматлит, 2007. 295 с.

5. Демидова Л.А., Соколова Ю.С. Аспекты применения алгоритма роя частиц в задаче разработки SVM-классификатора // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2015. № 53. С. 84–92.

УДК 681.51

МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕНЕРАЦИИ ПРОГРАММНОГО С-КОДА ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ ИЗ МОДЕЛИ MATLAB/SIMULINK

[1]Оськин Д.А., [2]Громашева О.С., [1]Дьяченко М.Е.

[1]Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского, Владивосток, e-mail: daoskin@mail.ru;

[2]Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, e-mail: gromasheva@poi.dvo.ru

В работе предложено использование модельно-ориентированного подхода для автоматизации проектирования встраиваемых систем. Вычислительные устройства, используемые в подобных системах, реализованы на микроконтроллерах или микропроцессорах. Разработка программного обеспечения для встраиваемых систем отличается сложностью. Это связано в первую очередь с существенным многообразием современных микроконтроллеров и различием их архитектурных особенностей. Также в процессе разработки существенное влияние оказывает человеческий фактор. Автоматизация проектирования встраиваемых систем предлагает использование модельно-ориентированного подхода для генерации программного кода, используемого на целевых процессорах (контроллерах). Для приведенного подхода рассмотрены уровни конфигураций тестирования, а именно «модель в контуре», «программа в контуре», «процессор в контуре» и «аппаратное обеспечение в контуре». Приведена и описана методика генерации С-кода для встраиваемых систем. В качестве демонстрации приведена пошаговая реализация модельно-ориентированного подхода для модели, реализованной в среде Matlab/Simulink. В среде моделирования реализована модель замкнутой системы управления одномерным линейным объектом. Для нелинейного устройства управления, реализующего алгоритм «super-twisting», приведено пошаговое исполнение модельно-ориентированного подхода. Предложенный подход позволяет снизить количество ошибок, допускаемых при проектировании, программировании и тестировании подобных систем.

Ключевые слова: модельно-ориентированный подход, встраиваемая система, «модель в контуре», «программа в контуре», «процессор в контуре», «аппаратное обеспечение в контуре», «super-twisting» алгоритм

MODEL-ORIENTED APPROACH FOR THE AUTOMATION OF THE SOFTWARE C-CODE GENERATION FOR EMBEDDED SYSTEMS USUNG MATLAB / SIMULINK MODEL

[1]Oskin D.A., [2]Gromasheva O.S., [1]Dyachenko M.E.

[1]Admiral Nevelskoy Maritime State University, Vladivostok, e-mail: daoskin@mail.ru;

[2]V.I.Il`ichev Pacific Oceanological Institute Far East Branch of Russian Academy of Science, POI FEB RAS, Vladivostok, e-mail: gromasheva@poi.dvo.ru

The paper suggests the use of a model-oriented approach for automating the design of embedded systems. The computing devices used in such systems are implemented on microcontrollers or microprocessors. The development of software for embedded systems is difficult. This is due, first of all, to the significant diversity of modern microcontrollers and the difference in their architectural features. Also, in the development process, the human factor has a significant impact. Automation of embedded system design offers the use of a model-oriented approach for generating program code used on target processors (controllers). For the above approach, the levels of test configurations are considered, namely the «model in the loop», the «program in the loop», the «processor in the loop» and the «hardware in the loop». The method of generating C-code for embedded systems is described and described. As a demonstration, a step-by-step implementation of the model-oriented approach for the model implemented in the Matlab / Simulink environment is presented. In the simulation environment, a closed-loop control model for a one-dimensional linear object is implemented. For a non-linear control device implementing the «super-twisting» algorithm, a step-by-step execution of the model-oriented approach is presented. The proposed approach allows reducing the number of errors allowed in the design, programming and testing of such systems.

Keywords: embedded system, model-oriented approach, «model in the loop», «program in the loop», «processor in the loop», «hardware in the loop», «super-twisting» algorithm

Разработка современных систем управления сложными динамическими объектами (мехатронными, робототехническими и др.) напрямую связана с задачами моделирования, проектирования, тестирования и создания рабочих прототипов управляющих систем.

Система, которая имеет в своем составе устройство управления, выполненное на основе вычислительного устройства, называется встраиваемой системой (англ. Embedded System). Вычислительные устройства могут быть выполнены на базе микропроцессора (МП) или микроконтроллера (МК).

При проектировании и реализации МК-систем управления сложными динамическими объектами одной из актуальных про-

блем является автоматизация разработки управляющих программ, реализующих синтезированные алгоритмы управления.

Традиционно процесс проектирования систем управления можно разделить на несколько этапов: создание математической модели; разработка алгоритмов непрерывного и логико-программного управления; подготовка соответствующих технических требований и спецификации для конструкторов, разрабатывающих электрические схемы и конструкции встраиваемого устройства; разработка программного обеспечения для встраиваемых систем.

Компания MathWorks предлагает новый подход для проектирования – модельно-ориентированное проектирование (МОП), реализуемое в среде MATLAB/Simulink совместно с пакетом Simulink Coder [1]. Необходимо отметить, что полученный с помощью МОП программный код может быть использован для решения задач в приложениях реального времени, делает более эффективным сам процесс моделирования, позволяет производить быстрое прототипирование, оптимизировать аппаратно-программное тестирование разрабатываемых систем.

Целью настоящей статьи является обобщение принципов модельно-ориентированного подхода при проектировании встраиваемых систем. Для проведения практических исследований в работе предлагается использовать методы моделирования и проектирования в среде Matlab с использованием пакета Simulink Coder.

Модельно-ориентированное проектирование

МОП – эффективный и простой способ разработки МП-систем управления. Основой МОП является модель управляемого объекта или процесса. Соответственно, использование в качестве платформы разработки пакета Simulink Coder дает возможность проводить имитационное моделирование как на уровне отдельных элементов, так и на интеграционном уровне для всей системы управления. Автоматическая генерация программного кода ведет к уменьшению ошибок, связанных с человеческим фактором и, что не менее важно, приводит к сокращению времени разработки. Такие необходимые и достаточно сложные этапы разработки, как тестирование и верификация, проводятся также на основе технических требований, но начинаются с уже процесса генерации программного кода. Тестирование в МОП практически осуществляется уже в процессе моделирования, при создании прототипов программ, то есть на всех этапах, вплоть до уровня аппаратной реализации [1].

Применение МОП для микроконтроллерных систем

МОП также используется для сокращения времени разработки встраиваемых систем. Данная методология разработки позволяет производить надежный продукт за короткое время разработки. МОП в основном используется для тестирования и известен как «в контуре» (In-The-Loop). Рассмотрим четыре уровня конфигураций тестирования:

– Model-In-the-Loop (MIL) – «модель в контуре»,

– Software-In-the-Loop (SIL) – «программа в контуре»,

– Processor-In-the-Loop (PIL) – «процессор в контуре»,

– Hardware-In-the-Loop (HIL) – «аппаратное обеспечение в контуре».

Каждый из уровней конфигурации сокращает время в процессе разработки, которая начинается с построения математической модели и заканчивается запуском программного обеспечения на автономной встраиваемой платформе [2].

МОП начинается с этапа MIL, при этом реализуется имитационная модель системы управления и управляемой модели объекта (процесса) управления. Основной целью MIL является тестирование и проверка математической модели.

На этапе SIL имитационная модель, синтезированная на предыдущем этапе, заменяется исполняемым кодом, запущенным на той же аппаратной платформе, где используются вычисления с фиксированной запятой. В среде Matlab для программного уровня тестирования (SIL) создается блок S-функции, что позволяет перейти к использованию в Simulink модели, производить подбор и настройку необходимых параметров модели. При этом происходит наследование: выполнение сгенерированного и откомпилированного С-кода на данном этапе выполняется в имитационной Simulink модели.

Следующий уровень (PIL) определяет наиболее ответственный в практическом применении уровень тестирования. Этот этап предназначен для оценки параметров эффективности разрабатываемой системы управления на уже конкретном, выбранном для проекта целевом процессоре. Производится загрузка сгенерированного программного кода на целевую отладочную плату. Имитационная модель, запущенная на ПК, обменивается данными с загруженным на аппаратную платформу программным обеспечением, как правило, с помощью последовательных линий связи. Таким образом,

обеспечивается обмен тестовыми сигналами, генерируемыми в имитационной модели, и программным обеспечением, установленным в процессоре тестовой платы. Тестирование программного обеспечения в реальном времени не может быть выполнено на этапе PIL, этот шаг выполняется на этапе HIL.

Преимущества PIL заключаются в низкой стоимости по сравнению с HIL; возможностью проводить произвольные испытания; в высокой точности при тестировании встраиваемых алгоритмов; в отсутствии ограничений по сложности модели оборудования (по сравнению с HIL). Кроме того, на этапе PIL можно вести учёт многопоточности контроллера. Недостатком этого этапа является отсутствие теста охватывать только программное обеспечение и процессор.

Последним этапом разработки встраиваемой системы является HIL. На данном этапе выполняется эмуляция датчиков и исполнительных механизмов в режиме реального времени для целевой платформы до того, как к контроллеру будут подключены реальные датчики и исполнительные механизмы. Процесс эмуляции используется для взаимодействия модели оборудования и интегрированной системы при испытании всех их на одной платформе.

В настоящее время наиболее известны компании Mathworks и National Instruments, разработавшие инструменты реализации модельно-ориентированных платформ, которые позволяют выполнять рассмотренные этапы моделирования контроллера.

Как иностранные, так и российские производители микроконтроллерных систем уже активно используют МОП. Компания ABB применила продукты корпорации MathWorks для проектирования разработки и проверки программного обеспечения для электронной системы управления силовых преобразовательных элементов [1]. В учебно-научном центре «Интеллектуальные системы» при МГТУ им. Н.Э. Баумана занимаются разработкой и внедрением промышленных систем управления на основе отечественных и зарубежных контроллеров и SCADA [3]. Российской компанией «Центр Инженерных Технологий и Моделирования «Экспонента» для микроконтроллеров-аналогов STM CortexM3 выпущен пакет целевой поддержки контроллеров Миландр для Simulink и Embedded Coder, обеспечивающий поддержку МОП на основе платформы MATLAB/Simulink [4].

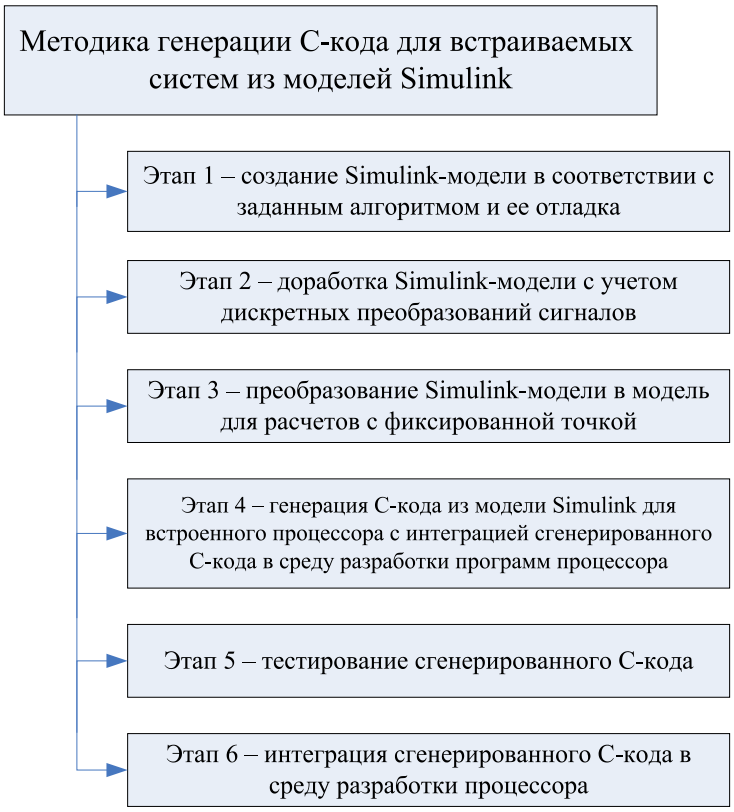


Рис. 1. Методика генерации С-кода для микроконтроллерных систем

Модельно-ориентированное проектирование в MATLAB

Основой для МОП является пакет прикладных программ MATLAB и его Simulink-приложение, предназначенное для визуального моделирования динамических систем. Simulink предназначен для имитационного моделирования и анализа различных динамических систем [5].

МОП отличаются от традиционной методики проектирования управляющих систем. Основным принципом данной методики является использование стандартных функциональных блоков для оптимизации характеристик имитационной модели. Применяемые стандартные блоки могут быть выбраны для режимов как для непрерывного, так и для дискретного времени. Главное преимущество МОП состоит в том, что данный подход обеспечивает взаимодействие разработчиков в процессе анализа данных и проверки системы. На ранних стадиях проектирования системы управления можно обнаружить и свести к минимуму ошибки. Это приводит к минимизации временных затрат и последствий изменения системы. МОП способствует повторному использованию моделей для модификации системы и создания систем с расширенными возможностями [6].

Методика генерации программного С-кода из модели Simulink включает следующие этапы (рис. 1) [7–9].

Рассмотрим возможность генерирования программного кода на примере нелинейной системы управления одномерным динамическим объектом.

Пример генерации программного кода

На рис. 2 представлена структурная схема системы, на рис. 3 – структурная схема управляющего контроллера. Она включает в себя объект управления (блоки TransferFcn и Integrator) и контроллер (Controller).

Математическое описание блока Controller (формирующего управляющий сигнал) представляется системой нелинейных уравнений, реалирующих один из релейных алгоритмов управления «super-twisting» [10]:

$$e = K3*(qd - q) - w,$$
$$u = K1*\sqrt{|e|}*sign(e) + v,$$
$$\dot{v} = K2*sign(e).$$

На начальном этапе по математическому описанию модели в MATLAB/Simulink создается структурная схема непрерывной модели системы управления.

Следующий этап – переход к цифровой модели регуляторов. Построение цифровой системы требует корректировки модели системы управления. Значение времени дискретизации необходимо внести в поля «Sample time» блоков модели. Цифровая система управления приведена на рис. 4.

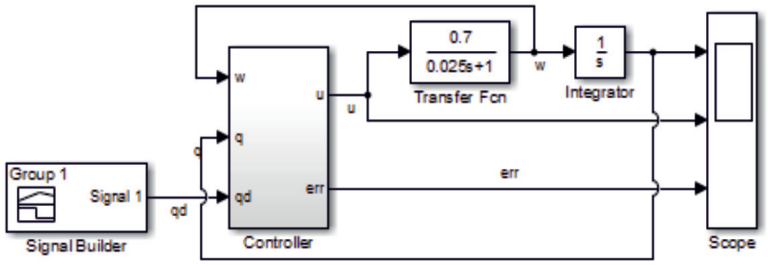


Рис. 2. Пример Simulink системы управления

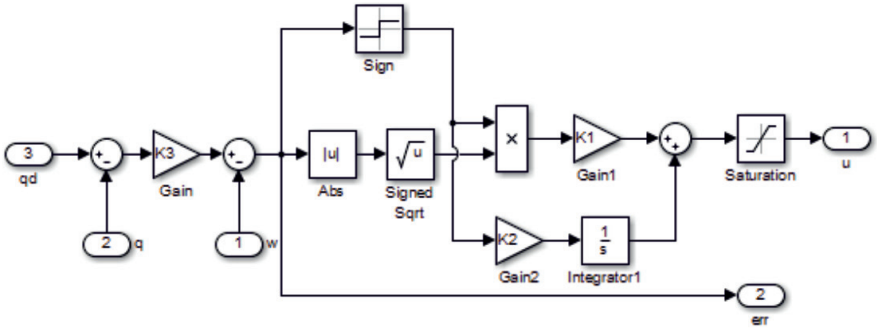


Рис. 3. Структура блока Controller

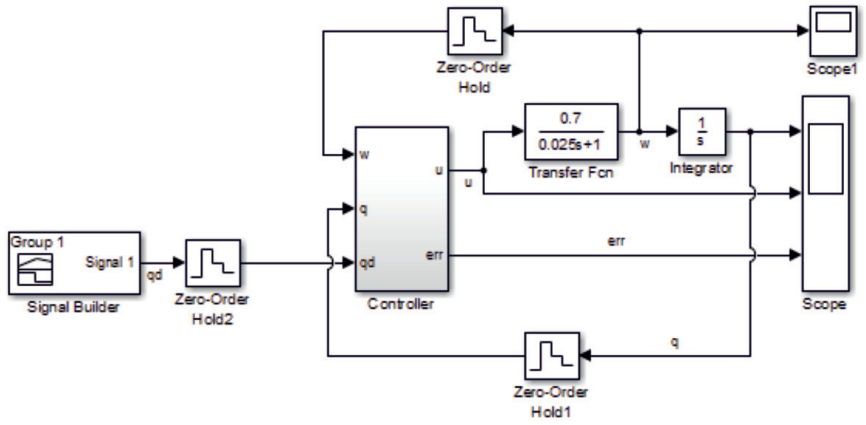


Рис. 4. Цифровая САУ

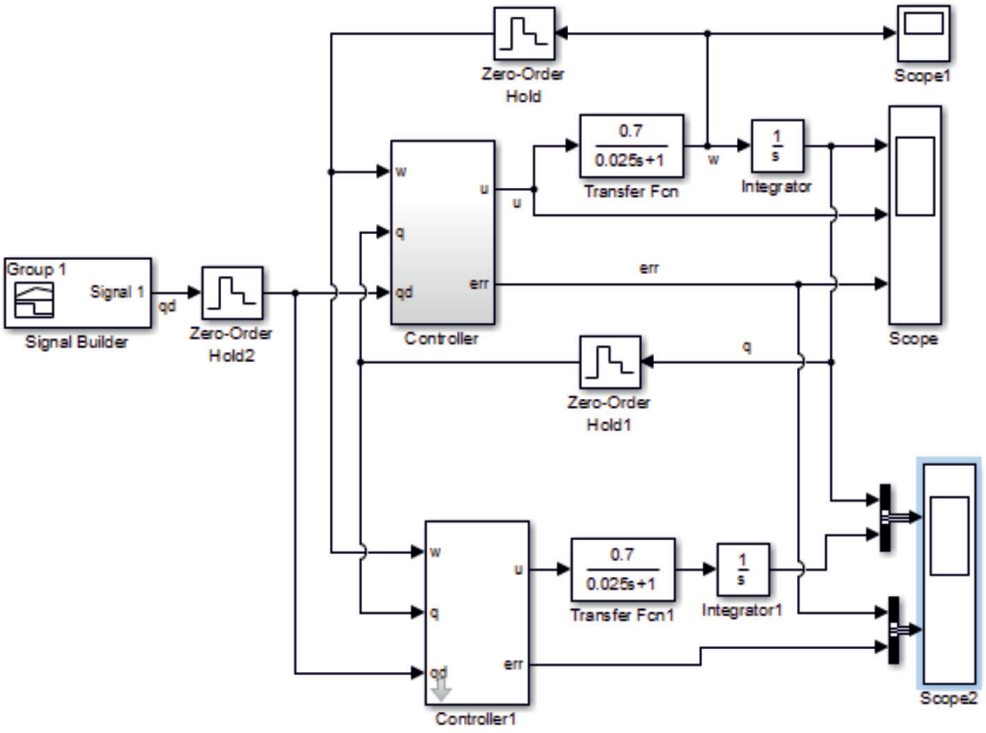


Рис. 5. Структурная схема цифровой САУ (сверху) и САУ с SIL (снизу)

После оценки качества переходных процессов приведенной модели в цифровую форму этап «MIL» считаем завершенным и переходим к тестированию в режиме SIL, генерируем программный С-код регуляторов для конкретной аппаратной платформы.

Тестирование SIL. Генерация С-кода разработанных регуляторов

Проведем настройки целевой аппаратной платформы. Воспользуемся возможностью настройки параметров модели Simulink *Simulink Preferences*. Во вкладке *Hardware* Implementation необходимо выбрать целевую платформу и ознакомиться с размером типов данных на выбранной платформе.

Во вкладке *Code Generation* выберем утилиту для получения программного кода и язык программирования, на котором этот код будет написан.

Для проведения тестирования в режиме SIL выберем блок *Controller*, выберем вкладку *C/C++ Code* и далее *Generate S-Function*. S-функция как раз является описанием блока на выбранном языке программирования.

Выберем коэффициенты настроенных регуляторов, также поставим галочку в нижней строке для создания блока S-функции в Simulink. Результатом работы программы является блок S-функции разработанного регулятора. Структурная схема для сравнения цифрового регулятора с SIL блоком регулятора приведена на рис. 5.

После успешной генерации кода получаем 5 файлов с программным кодом: *Controller_sf.c, Controller_sf.h, Controller_sf_private.h, Controller_sf_types.h, Controller_sid.h.*

После завершения этапов MIL и SIL переходим к разработке виртуальной модели САУ в любой системе автоматизированного проектирования, позволяющей провести имитацию контроллера и управляемого объекта (Proteus и др.).

Заключение

Опыт разработки программного обеспечения для встраиваемых систем с помощью пакета MATLAB/Simulink совместно с Simulink Coder показал преимущества использования модельно-ориентированного подхода для генерации программного кода, используемого на целевых процессорах (контроллерах). Заложенные в методе уровни конфигурации тестирования позволяют снизить количество ошибок, связанных с человеческим фактором, допускаемых при проектировании, программировании и тестировании подобных систем, а также снизить погрешности, неизбежно возникающие при переходе от модели к аппаратной реализации. МОП обеспечивает минимизацию временных затрат на разработку и тестирование системы, способствует повторному использованию моделей для модификации системы и создания систем с расширенными возможностями.

Таким образом, за счет автоматизации процесса генерирования и тестирования программного обеспечения для МК встроенных систем, МОП дает возможность сделать процесс разработки более эффективным, оперативно изменять параметры модели, что особенно важно для подбора оптимальных вариантов реализации систем управления.

Список литературы

1. Деменков Н.П. Модельно ориентированное проектирование систем управления [Электронный ресурс]. URL: http://is.ifmo.ru/misc2/_matlab_simulink.pdf (дата обращения: 04.09.2018).

2. Processor-in-the-Loop Simulations Applied to the Design and Evaluation of a Satellite Attitude Control [Электронный ресурс]. URL: http://dx.doi.org/10.5772/57219 (дата обращения: 04.09.2018)

3. Сайт учебно-научного центра при МГТУ им. Н.Э. Баумана «Интеллектуальные системы» [Электронный ресурс]. URL: http://iu1.bmstu.ru/isyst/intelsyst.htm (дата обращения: 05.09.2018).

4. Пакет целевой поддержки процессоров Миландр для Simulink и Embedded coder [Электронный ресурс]. URL: https://exponenta.ru/products/milandr/ (дата обращения: 05.09.2018).

5. Моделирование и симуляции динамических систем [Электронный ресурс]. URL: https://matlab.ru/solutions/mbd/simulation-model-design (дата обращения: 04.09.2018).

6. Модельно-ориентированное проектирование [Электронный ресурс]. URL: https://matlab.ru/solutions/mbd/mbd (дата обращения: 04.09.2018).

7. Понятский В.М. Генерация из модели MATLAB С-кода для микропроцессора, реализующего блок управления привода // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. Вып. 5. Ч. 2. С. 240–247.

8. Понятский В.М., Кушников Д.В., Федорищева В.Г. Автоматизированная технология генерации программы в среде Matlab для реализации алгоритмов управления рулевого привода // Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. № 2. С. 357–362.

9. Понятский В.М., Фимушкин В.С., Кушников Д.В., Федорищева В.Г., Петрушин А.В., Шидловский Д.Ю. Разработка и отладка средствами Matlab управляющих программ рулевого привода // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 62. URL: http://trudymai.ru/upload/iblock/62a/razrabotka-i-otladka-sredstvami-matlab-upravlyayushchikh-programm-rulevogo-privoda.pdf (дата обращения: 04.09.2018).

10. Arie Levant. Sliding order and sliding accuracy in sliding mode control. International Journal of Control. 1993. № 58(6). P. 1247–1263.

УДК 004.8:519.86/.87

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВОСПИТАНИЯ РОБОТОВ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

[1,2]Пенский О.Г., [1]Ощепкова Н.В.

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

[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», Пермь, e-mail: ogpensky@mail.ru

На основе существующей теории роботов с неабсолютной памятью впервые поставлена математическая задача получения наибольшего воспитания роботов – психологических аналогов человека с помощью средств массовой информации. Доказано, что для получения наибольшего воспитания у роботов необходимо в каждом воспитательном цикле, состоящем из непрерывных трансляций передач медиапроектов и пропусков передач в трансляциях, делать не более одного пропуска. Решена задача нахождения количества полных воспитательных циклов, количества непрерывных воспитательных тактов и количество фиктивных тактов в каждом полном воспитательном цикле, обеспечивающих наибольшее воспитание робота при завершении воспитания. На основе методов математического анализа показано, что для получения наибольшего воспитания робота с помощью средств массовой информации достаточно в полных воспитательных циклах после непрерывных трансляций передач медиапроекта делать не более одного пропуска передач в эфире. Доказано, что большему значению коэффициента памяти равномерно забывчивого робота с равноценными эмоциями соответствует большее воспитание, полученное в результате воздействия на робота равными полными воспитательными циклами, причем чем больше количество этих циклов, тем больше воспитание робота. Решена задача получения наибольшего воспитания с помощью средств массовой информации для роботов – цифровых двойников.

Ключевые слова: робот, медиа, воспитание, память робота, математическое моделирование

MATHEMATICAL MODELS OF EDUCATION OF ROBOTS WITH MEANS OF MASS MEDIA

[1,2]Penskiy O.G., [1]Oschepkova N.V.

[1]Perm State National Research University, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru;

[2]Perm State Agrarian-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru

On the basis of the existing theory of robots with non-absolute memory, the mathematical task of obtaining the greatest education of robots-psychological analogues of man with the help of mass media was put for the first time. It is proved that in order to receive the greatest education in robots, it is necessary to do not more than one badge in every educational cycle, consisting of continuous broadcasts of media projects and transmission passes in broadcasts. The problem of finding the number of complete educational cycles, the number of continuous educational measures, and the number of fictitious cycles in each complete educational cycle, ensuring the greatest education of the robot at the end of education, was solved. Based on the methods of mathematical analysis, it is shown that in order to get the most education of a robot with the help of the mass media, it is enough in full educational cycles after continuous broadcasts of the media project to make no more than one skipping broadcast on the air. It is proved that the greater value of the memory coefficient of a uniformly forgetful robot with equal emotions corresponds to the greater education resulting from the impact on the robot by equal complete educational cycles, and the more the number of these cycles, the more the robot is raised. The task of obtaining the greatest education through the media for robots-digital doubles is solved.

Keywords: robot, media, education, robot memory, mathematical modeling

В настоящее время в России начались исследования, посвященные математическому моделированию эффективного воздействия средств массовой информации на человека [1, 2], моделированию психологии человека [3], исследованию воздействия СМИ на человека [4] на основе анализа поведения цифровых двойников, являющихся роботами с неабсолютной памятью [5, 6]. Необходимость проведения численных экспериментов, основанных на методах математического моделирования, обусловлена важностью прогнозирования результатов формирования общественного сознания [6, 7].

Для математического описания эффективного формирования воспитания роботов воспользуемся теорией математического анализа [8].

Пусть n – количество полных воспитательных циклов [5] трансляции передачи, m_n – количество непрерывных трансляций передачи в воспитательном цикле с номером n, k_n – количество пропущенных трансляций в этом же воспитательном цикле, θ_n – коэффициент памяти робота ($\theta_n \in (0,1-\delta]$, $0<\delta<1, \delta=\text{const}$) в полном воспитательном цикле с порядковым номером n, q_n – элементарное воспитание (эмоциональное воздействие) у робота – цифрового двойника, возникшее в результате ознакомления с передачей в полном воспитательном цикле с порядковым номером n.

Согласно работе [5] формулу воспитания $W_{m_n,k_{n-1}}$ цифрового двойника, полученного им в результате непрерывных трансляций m_n в полном воспитательном цикле n, можем записать на основе соотношений

$$W_{m_n,k_{n-1}} = q_n \frac{1-\theta_n^{m_n}}{1-\theta_n} + \theta_n^{m_n} F_{m_{n-1},k_{n-1}},$$

где

$$F_{m_1,k_1} = q_1 \theta_1^{k_1} \frac{1-\theta^{m_1}}{1-\theta},$$

$$F_{m_{n-1},k_{n-1}} = \theta_{n-1}^{k_{n-1}} \left(q_{n-1} \frac{1-\theta_{n-1}^{m_{n-1}}}{1-\theta_{n-1}} + \theta_{n-1}^{m_{n-1}} F_{m_{n-2},k_{n-2}} \right), \quad (1)$$

$$F_{m_0.n_0} = 0.$$

Постановка задачи определения наибольшего воспитания цифрового двойника

С учетом равенств (1) можно сформулировать следующую задачу: «Найти количество полных воспитательных циклов, количество непрерывных воспитательных тактов и количество фиктивных тактов в каждом полном воспитательном цикле, обеспечивающих наибольшее воспитание робота при завершении воспитания».

Последняя фраза математически описывается следующим образом:

найти

$$\max_{n,m_1,k_1,\ldots,m_n,k_n} W_{m_n,k_{n-1}} =$$

$$= \max_{n,m_1,k_1,\ldots,m_n,k_n} \left(q_n \frac{1-\theta_n^{m_n}}{1-\theta_n} + \theta_n^{m_n} F_{m_{n-1},k_{n-1}} \right). \quad (2)$$

Пусть выполняются допущения

$$\theta_n = \theta = \text{const}, \; k_n = k = \text{const}, \; m_n = m = \text{const},$$

$$q_n = q = \text{const} > 0, \; n = \overline{2,\infty}. \quad (3)$$

В этом случае задача (2) эквивалентна следующей задаче:

найти

$$\max_{n,m,k} W_{n,m,k} = \max_{n,m,k} \left(q \frac{1-\theta^m}{1-\theta} + \theta^m F_{n-1,m,k} \right). \quad (4)$$

Так как справедливо соотношение $q = \text{const} > 0$, то задачу (3) можно записать в следующем виде:

найти

$$\max_{n,m,k} Z_{n,m,k} = \max_{n,m,k} \left(\frac{1-\theta^m}{1-\theta} + \theta^m G_{n-1,m,k} \right), \quad (5)$$

где $G_{n-1,m,k} = \dfrac{F_{n-1,m,k}}{q}$, то есть

$$G_{0,m,k} = 0,$$

$$G_{n-1,m,k} = \theta^k \left(\frac{1-\theta^m}{1-\theta} + \theta^m G_{n-2,m,k} \right), \quad n \geq 2.$$

Решение оптимизационной задачи

Так как при выполнении условий (3) последовательность $\psi_n = W_{m_n,k_{n-1}} - W_{m_{n-1},k_{n-2}}$ является монотонно возрастающей [5], то зафиксируем произвольное значение n и определим величины m и k, обеспечивающие $\max\limits_{n,m,k} Z_{n,m,k}$ при этом фиксированном $n \geq 2$.

Нетрудно доказать справедливость формулы

$$Z_{n,m,k} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta} \sum_{i=0}^{n-1} \left(\theta^{m+k} \right)^i. \quad (6)$$

Согласно равенству (6) можно сделать вывод о том, что большему значению коэффициента памяти θ, если робот является равномерно забывчивым с равноценными эмоциями, соответствует большее воспитание, полученное в результате воздействия на него равными полными воспитательными циклами, причем чем больше количество этих циклов, тем больше воспитание робота.

Нетрудно заметить, что соотношение $\sum\limits_{i=0}^{n-1} \left(\theta^{m+k} \right)^i$ является частичной суммой геометрической прогрессии со знаменателем θ^{m+k}. Частичная сумма Σ_n этой геометрической прогрессии определяется формулой

$$\Sigma_n = \frac{1-\left(\theta^{m+k} \right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}}, \quad (7)$$

где $n \geq 2$.

С учетом (7) равенство (6) примет вид

$$Z_{n,m,k} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta} \frac{1-\left(\theta^{m+k} \right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}}. \quad (8)$$

Анализируя формулу (8), можно сделать вывод о том, что, чем больше фиктивных тактов в равных полных воспитательных циклах, тем меньше воспитание робота. Согласно соотношению (8) справедливы свойства

$$\lim_{m\to\infty} Z_{n,m,k} = \lim_{m\to\infty} \frac{1-\theta^m}{1-\theta} \frac{1-\left(\theta^{m+k} \right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}} = \frac{1}{1-\theta},$$

$$\lim_{k\to\infty} Z_{n,m,k} = \lim_{k\to\infty} \frac{1-\theta^m}{1-\theta} \frac{1-\left(\theta^{m+k} \right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta}.$$

Перейдя к пределу при $n \to \infty$ в равенстве (8), получим соотношение

$$Z_{\infty,m,k=} \lim_{n\to\infty} Z_{n,m,k} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta} \lim_{n\to\infty} \frac{1-\left(\theta^{m+k}\right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}} = \frac{1-\theta^m}{(1-\theta)(1-\theta^{m+k})}.$$

Таким образом, предельное воспитание $Z_{\infty,m,k}$ равномерно забывчивого робота с равноценными эмоциями описывается формулой

$$W_{\infty,m,k} = q\frac{1-\theta^m}{(1-\theta)(1-\theta^{m+k})}.$$

В силу того, что последовательность $Z_{n,m,k}$ является положительной и монотонно возрастающей по параметру n, справедливо соотношение

$$0 < W_{n,m,k} < q\frac{1-\theta^m}{(1-\theta)(1-\theta^{m+k})}.$$

Сформулируем и докажем ряд теорем.

Теорема 1. Если функции $f(x)$ и $g(x)$ положительны и являются монотонно возрастающими, то функция $U(x) = f(x)g(x)$ монотонно возрастающая.

Доказательство.

Справедливо соотношение

$$\frac{dU(x)}{dx} = \frac{df(x)}{dx}g(x) + f(x)\frac{dg(x)}{dx}.$$

Так как в силу условий теоремы 1 справедливы неравенства

$$f(x) > 0, \frac{df(x)}{dx} > 0, g(x) > 0, \frac{dg(x)}{dx} > 0,$$

то $\frac{dU(x)}{dx} > 0$, а поэтому $U(x) = f(x)g(x)$ является монотонно возрастающей функцией.

Теорема доказана.

Теорема 2. Функция $Z_{n,m,k} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta}\frac{1-\left(\theta^{m+k}\right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}}$ является монотонно возрастающей по параметру m.

Доказательство.

Пусть функция $f(m)$ удовлетворяет соотношению $f(m) = \frac{1-\left(\theta^{m+k}\right)^{n-1}}{1-\theta}$, а $g(m) = \frac{1-\theta^m}{1-\theta^{m+k}}$.

Тогда справедливо равенство $Z_{n,m,k} = f(m)g(m)$.

Легко видеть, что функция $f(m)$ является положительной и монотонно возрастающей.

Также очевидна справедливость неравенства $g(m) > 0$.

Покажем, что функция $g(m)$ является монотонно возрастающей.

Несложные преобразования позволяют получить формулу

$$\frac{dg(m)}{dm} = \frac{d}{dm}\left(\frac{1-\theta^m}{1-\theta^{m+k}}\right) = \frac{\frac{\theta^m}{\ln\theta}\left(\theta^k - 1\right)}{\left(1-\theta^{m+k}\right)^2}.$$

Так как справедливо неравенство $0 < \theta < 1$, то $\frac{dg(m)}{dm} > 0$, то есть функция $g(m)$ монотонно возрастающая.

А следовательно, в силу свойств функции $f(m)$ согласно теореме 1 функция $Z_{n,m,k} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta}\frac{1-\left(\theta^{m+k}\right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}}$ является монотонно возрастающей по параметру m.

Теорема доказана.

Теорема 3. Функция $Z_{n,m,k} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta}\frac{1-\left(\theta^{m+k}\right)^{n-1}}{1-\theta^{m+k}}$ монотонна по параметру k, начиная с некоторого порядкового номера $\overline{N}$, где $n \geq \overline{N}$.

Доказательство.

Представим функцию $Z_{n,m,k}$ в виде $Z_{n,m,k} = f(k)g(k)$, где функция $f(k)$ удовлетворяет соотношению $f(k) = \frac{1-\left(\theta^{m+k}\right)^{n-1}}{1-\theta}$, а $g(k) = \frac{1-\theta^m}{1-\theta^{m+k}}$.

Согласно формуле производной от произведения функций справедлива цепочка соотношений

$$\frac{dZ_{n,m,k}}{dk} = \frac{df(k)}{dk}g(k) + f(k)\frac{dg(k)}{dk} =$$

$$= -\frac{1}{1-\theta}\frac{\theta^{(n-1)(m+k)}}{\ln\theta}(n-1)\frac{1-\theta^m}{1-\theta^{m+k}} + \frac{\theta^{m+k}}{\ln\theta\left(1-\theta^{m+k}\right)^2}\left(1-\theta^m\right)\frac{1-\theta^{(n-1)(m+k)}}{1-\theta}. \quad (9)$$

Пусть

$$\frac{dZ_{n,m,k}}{dk} \geq 0. \quad (10)$$

После несложных преобразований соотношения (9) нетрудно показать, что справедливость неравенства (10) определяется справедливостью формулы

$$-\theta^{(n-1)(m+k)}(n-1) + \frac{\theta^{m+k}\left[1-\theta^{(n-1)(m+k)}\right]}{1-\theta^{m+k}} \leq 0. \quad (11)$$

Перейдем в обеих частях соотношения (11) к пределу при $n \to \infty$, тогда получим

$$-\lim_{n\to\infty}\theta^{(n-1)(m+k)}(n-1) + \frac{\theta^{m+k}}{1-\theta^{m+k}} \leq 0. \quad (12)$$

Очевидна цепочка соотношений

$$\lim_{x\to\infty} a^{Lx}x = \lim_{x\to\infty}\left(\frac{1}{b}\right)^{Lx}x = \lim_{x\to\infty}\frac{x}{b^{Lx}} = \frac{\infty}{\infty}, \quad (13)$$

если выполняются неравенства $L \geq 1$ и $b \geq 1$.

Раскроем неопределенность $\frac{\infty}{\infty}$ в соотношении (13) по правилу Лопиталя [4], тогда получим

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x}{b^{Lx}} = \frac{\infty}{\infty} = \lim_{x\to\infty}\frac{\ln b}{Lb^{Lx}} = \frac{\ln b}{\infty} = 0. \quad (14)$$

Пусть $b = \frac{1}{\theta}$, $x = n-1$, $L = m + k$, тогда согласно формуле (14) соотношение (12) примет вид

$$0 + \frac{\theta^{m+k}}{1-\theta^{m+k}} \leq 0. \quad (15)$$

Однако при фиксированных положительных значениях m и k справедливо строгое неравенство $\frac{\theta^{m+k}}{1-\theta^{m+k}} > 0$, поэтому с учетом соотношения (15) получаем: $0 > 0$, то есть справедлива формула $\frac{dZ_{n,m,k}}{dk} < 0$, а значит, функция $Z_{n,m,k}$ является монотонно убывающей по параметру k, начиная с некоторого порядкового номера $\overline{N}$, где $n \geq \overline{N}$.

Теорема доказана.

Исходя из анализа доказанного свойства монотонного убывания функции $Z_{n,m,k}$ по параметру k, можно заключить, что одним из оптимальных параметров решения задачи (5) будет $k = 1$.

Таким образом, с учетом (8) целевая функция задачи (5) примет вид

$$Z_{n,m,1} = \frac{1-\theta^m}{1-\theta}\frac{1-\left(\theta^{m+1}\right)^{n-1}}{1-\theta^{m+1}}. \quad (16)$$

Заключение

Таким образом, решением задачи (5) являются наибольшие значения n и m, обусловленные возможностями практики, и $k=1$. Иными словами, этот вывод можно сформулировать следующим образом: «Для получения наибольшего воспитания робота – цифрового двойника с помощью средств массовой информации достаточно в полных воспитательных циклах после непрерывных трансляций передач медиапроекта делать не более одного пропуска передач».

Список литературы

1. Бахитова Р.Х., Исламов И.Я. Региональные телеканалы: роль и место в медиаэкономике (на примере Башкирского спутникового телевидения) // Вестник УГАЭС. Наука и образование. Серия: Экономика. 2014. № 2(8). С. 70–74.

2. Исламов И.Я. Развитие региональной медиаэкономики на примере Башкирского спутникового телевидения // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2011. № 2. С. 346–353.

3. Наследов Д.А. Математическое методы психологического исследования // Анализ и интерпретация данных. СПб.: Речь, 2004. 392 с.

4. Пенский О.Г. Математическая модель и программная реализация вычисления наибольшего интереса аудитории к медиапроекту // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2017. № 1 (36). С. 77–81.

5. Пенский О.Г., Шарапов Ю.А., Ощепкова Н.В. Математические модели роботов с неабсолютной памятью и приложения моделей. Пермь: Изд-во ПермГУ, 2018. 310 с.

6. Osipov G.S., Panov A.I., Chudova N.V. Behavior Control as a Function of Consciousness. II. Synthesis of a Behavior Plan. Journal of Computer and Systems Sciences International. 2015. T. 54. № 6. P. 882–896.

7. Карпов В.Э. Эмоции и темперамент роботов. Поведенческие аспекты // Известия РАН. Теория и системы управления. 2014. № 5. С. 166–185.

8. Виноградов О.Л. Математический анализ: учебник для вузов. М.: BNV, 2017. 752 с.

УДК 004.94:658.512

МЕТОД НОРМИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

[1]Радыгин А.Б., [2]Сердюк А.И., [2]Сергеев А.И.

[1]АО «ПО «Стрела», Оренбург, e-mail: alexandr_sergeew@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: alexandr_sergeew@mail.ru

В статье рассматривается метод нормирования надежности оборудования, применяемый при проектировании гибких производственных систем. Отличительной особенностью метода является оценка проектных решений на основе анализа вероятностей отказа работы комплектующего оборудования и допустимых потерь эффективности гибкой производственной системы. Показано, что случайные возмущения, приводящие к рассеянию длительности технологических и сервисных операций, имеют место даже при гарантированной надежности всех элементов системы. Приведена классификация вероятностных возмущений, выделены составляющие производственного цикла, рассматриваемые в исследовании, которые могут иметь собственные границы отклонения от номинальных значений и собственные законы распределения этих величин. В работе исследуются три закона распределения случайных величин, имеющих наибольшее распространение в практике: экспоненциальный, нормальный и Пуассона. Представлен алгоритм имитационного моделирования функционирования гибкой производственной системы с возмущениями, описан процесс верификации разработанного на основе этого алгоритма программного кода. Приведены результаты вычислительных экспериментов, направленных на выявление рекомендуемых проектных значений организационно-технических параметров в зависимости от надежности соответствующего оборудования. На основе проведенного исследования предложен метод нормирования надежности оборудования, применяемый при проектировании гибкой производственной системы, позволяющий выявить интервалы допустимых значений организационно-технических параметров и надежности, рекомендуемые при формировании Технического предложения по ее созданию.

Ключевые слова: надежность оборудования, гибкая производственная система, вероятность отказа, нормирование надежности

METHOD OF RATIONING EQUIPMENT RELIABILITY WHEN DESIGNING FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS

[1]Radygin A.B., [2]Serdyuk A.I., [2]Sergeev A.I.

[1]JSC «PA «Strela», Orenburg, e-mail: alexandr_sergeew@mail.ru;
[2]Orenburg State University, Orenburg, e-mail: alexandr_sergeew@mail.ru

The article discusses the method of rationing the reliability of equipment used in the design of flexible production systems. A distinctive feature of the method is the evaluation of design solutions based on the analysis of the probability of failure of the component equipment and the permissible loss of efficiency of a flexible production system. It is shown that random disturbances leading to the dispersion of the duration of technological and service operations take place even with guaranteed reliability of all elements of the system. The classification of probabilistic outcomes is given, the components of the production cycle considered in the study are distinguished, which can have their own boundaries of deviation from the nominal values and their own laws of distribution of these values. The paper studies three laws of distribution of random variables, which are the most common in practice: exponential, normal and Poisson. The algorithm of simulation of functioning of flexible production system with disturbances is presented, the process of verification of the program code developed on the basis of this algorithm is described. The results of computational experiments aimed at identifying the recommended design values of organizational and technical parameters depending on the reliability of the corresponding equipment are presented. On the basis of the conducted research the method of rationing of reliability of the equipment applied at design of the flexible production system is offered, allowing to reveal intervals of admissible values of organizational and technical parameters and reliability recommended at formation of the Technical offer on its creation.

Keywords: equipment reliability, flexible production system, failure probability, reliability rating

Одной из составляющих материальной базы цифровой экономики служит все более широкое применение гибких производственных систем (ГПС), способных в автоматическом режиме выпускать продукцию требуемого качества, в необходимом количестве в установленные сроки и при наименьшей себестоимости. Наиболее ответственным и наукоемким этапом создания ГПС являются предпроектные исследования, включающие переход от технических требований Заказчика к Техническому Заданию. Ошибки проектировщиков, допущенные при формировании Технического предложения, могут проявиться лишь при эксплуатации ГПС, а их исправление потребует неоправданных капитальных вложений. К подобного рода ошибкам следует отнести оценку возможных вероятностных возмущений, возникающих при функционировании системы из-за рассеяния длительности технологических и транспортных

операций, вероятностных сбоев и отказов оборудования. Возникает актуальная научно-практическая задача разработки метода нормирования надежности работы оборудования и значений организационно-технических параметров системы в зависимости от допустимых потерь эффективности функционирования ГПС при эксплуатации.

Цель исследования: совершенствование процесса проектирования ГПС на основе нормирования надежности комплектующего оборудования.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1) разработана компьютерная модель функционирования ГПС с учетом вероятностных возмущений производственного процесса;

2) проведены вычислительные эксперименты для исследования влияния надежности комплектующего оборудования на эффективность функционирования ГПС;

3) сформулирован метод нормирования надежности комплектующего оборудования при автоматизированном синтезе технического предложения по созданию ГПС.

Обзор литературных источников, проведенный в работах [1–2], показал, что случайные возмущения, приводящие к рассеянию длительности технологических и сервисных операций, имеют место даже при гарантированной надежности всех элементов системы. Причинами таких возмущений являются колебания: припусков на обработку, твердости обрабатываемого материала и режущего инструмента, нагрева исполнительных механизмов, точности позиционирования исполнительных органов станка, массы перемещаемых заготовок и инструментов, расстояний транспортных операций [3–5]. Дополнительную стохастику создают вероятностные возмущения, вызванные сбоями и отказами в работе комплектующего ГПС оборудования [6] (рис. 1).

Для оценки эффективности проектируемой ГПС используется моделирование. Универсальные инструменты моделирования, такие как Arena, AnyLogic, GPSS, имеют интегрированные модули реализации множества законов распределения случайных величин. Однако недостатком таких систем является высокая трудоемкость создания таких сложных моделей, как модель ГПС. Специализированные программные продукты поддержки принятия решений при проектировании ГПС, разработанные в Аэрокосмическом институте ОГУ – приложения «Расписание», «PolyTrans», «FMS concept» – основаны на едином, глубоко проработанном детерминированном аппарате формализованного описания ГПС, позволяющем для множества входных технических, технологических и управленческих параметров системы оценить эффективность ее функционирования рядом показателей эффективности. Недостаток используемого аппарата – отсутствие возможности учета случайных возмущений производственного процесса. Таком образом, принято решение о доработке аппарата формализованного описания ГПС, применяемого в специализированных программных продуктах, модулями, позволяющими учитывать случайные возмущения, возникающие в процессе работы ГПС.

Разработка метода нормирования надежности оборудования ГПС

В процессе исследования выделены следующие цикловые составляющие, которые могут иметь собственные границы отклонения от номинальных значений и собственные законы распределения этих величин:

– $t_{тр1}$ – время доставки заготовки к станку;

– $t_{зв1}$ – время загрузки в пристаночный накопитель;

– $t_{ож1}$ – время ожидания обработки;

– $t_{зв2}$ – время загрузки заготовки в рабочую зону;

– $t_{обр}$ – время обработки заготовки;

– $t_{зв3}$ – время выгрузки детали в накопитель;

– $t_{ож2}$ – время ожидания в накопителе;

– $t_{зв4}$ – время выгрузки на робокар;

– $t_{тр2}$ – время транспортирования на склад;

– $T_{дет}$ – общее время цикла изготовления детали.

Для выделенных элементарных цикловых составляющих времени выполнения технологических и сервисных операций реализованы три закона распределения случайных величин, имеющих наибольшее распространение в практике: экспоненциальный, нормальный и Пуассона. Верификация математических моделей случайных возмущений выполнялась на специально разработанном для этого приложении, позволяющем оценить влияние вводимых параметров на кривые вероятностного распределения в соответствии с выбранными законами (рис. 2).

С применением разработанных модулей, реализующих законы распределения случайных величин, модифицирован базовый алгоритм имитационного моделирования, реализованный в специализированных программных продуктах поддержки принятия решений при проектировании ГПС (рис. 3).

Внесение усовершенствований в базовый алгоритм имитационного моделирования потребовало выполнения процедур верификации разработанного программного кода.

Рис. 1. Структурная схема случайных возмущений в работе ГПС

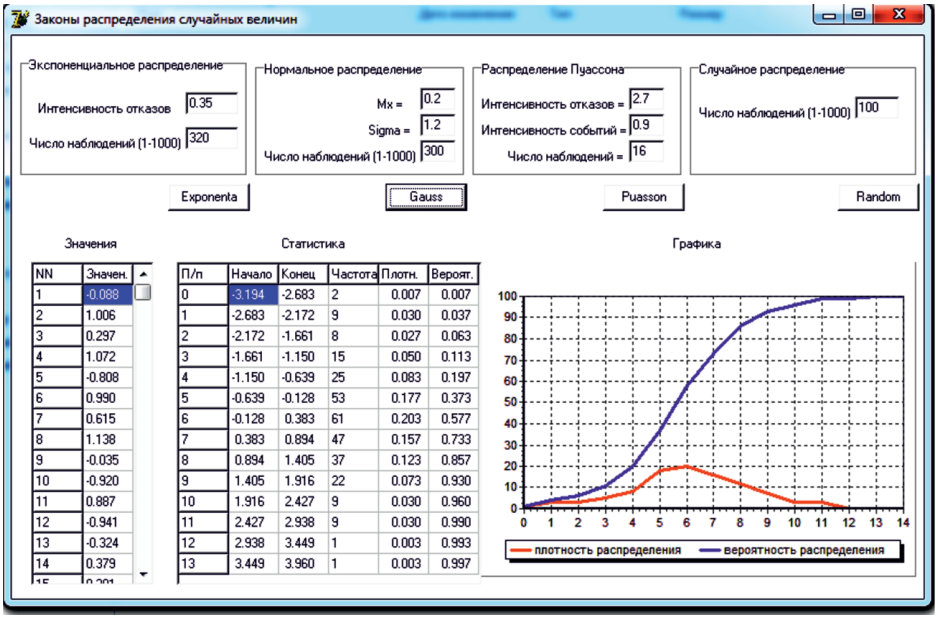


Рис. 2. Приложение для верификации математических моделей случайных возмущений

Верификация включала:

– оценку чувствительности приложения к изменению входных данных, при которой для различных данных фиксировались отличия в автоматически генерируемых циклограммах работы ГПС;

– формальные процедуры верификации, при которых оценивалось соответствие получаемых результатов логически ожидаемым;

– расчеты на тестовом примере, при которых программно получаемые результаты

подвергались пошаговой проверке с помощью программы-калькулятора.

В результате выполнения процедур верификации установлено, что исходный код разработанного приложения адекватно и в полной мере соответствует используемым математическим моделям и алгоритмам.

С помощью разработанного приложения выполнены вычислительные эксперименты, направленные на выявление рекомендуемых проектных значений организационно-технических параметров X_i в зависимости от надежности $P(X_i)$ соответствующего оборудования.

В качестве примера на рис. 4 представлены рекомендуемые значения длительности цикла загрузки станка и скорости перемещения робокара в зависимости от допустимых потерь срока окупаемости ГПС и вероятностей отказов указанного оборудования.

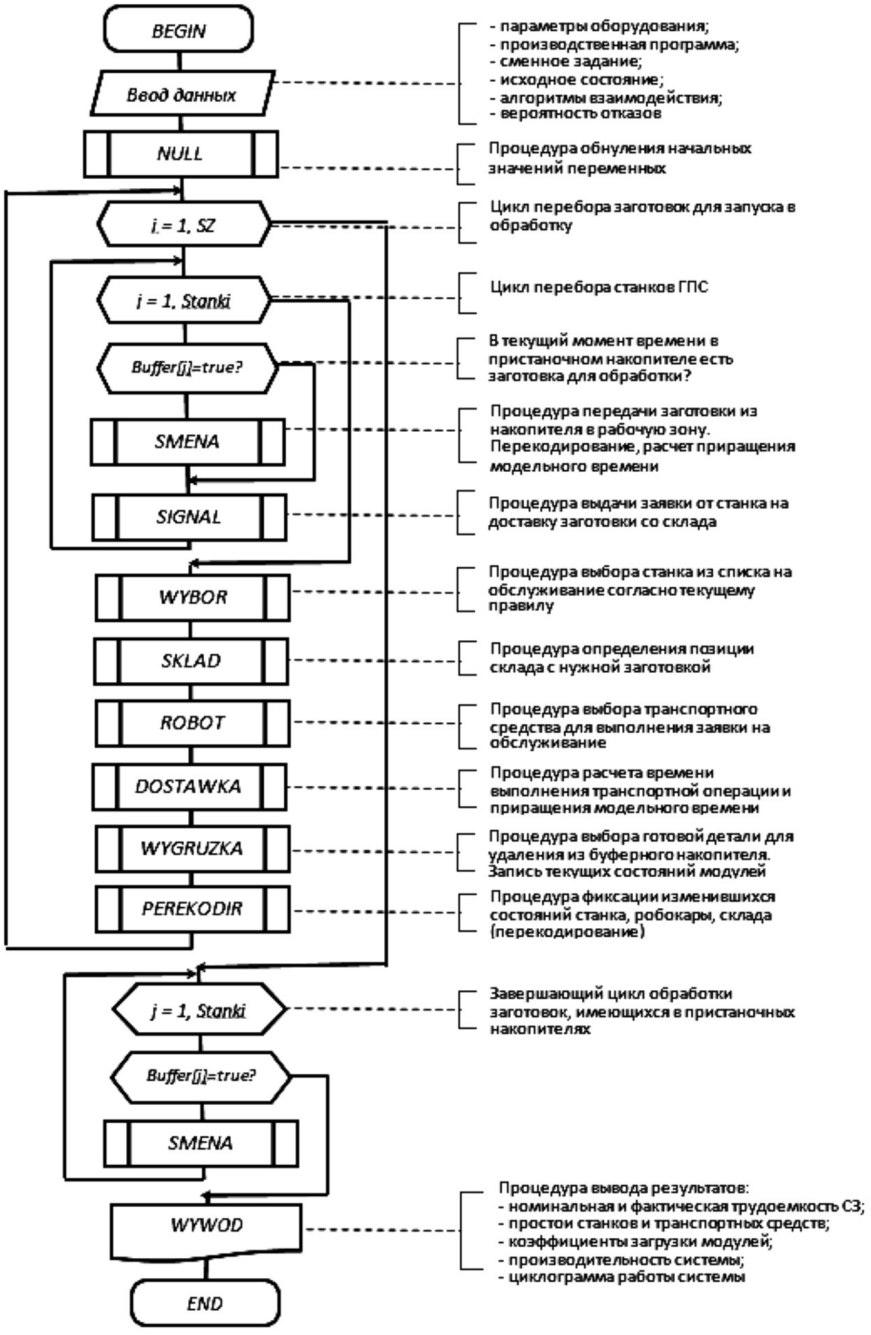


Рис. 3. Алгоритм имитационного моделирования с возмущениями

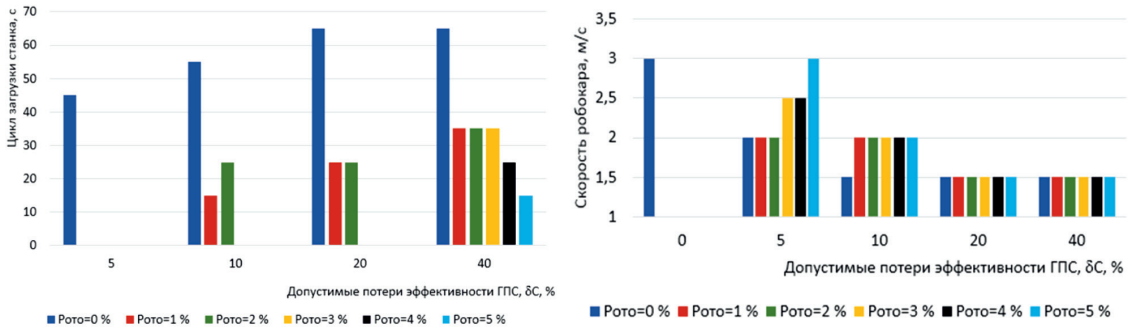


Рис. 4. Рекомендуемая длительность цикла загрузки станков и скорости робокара в зависимости от их отказов и потерь эффективности ГПС

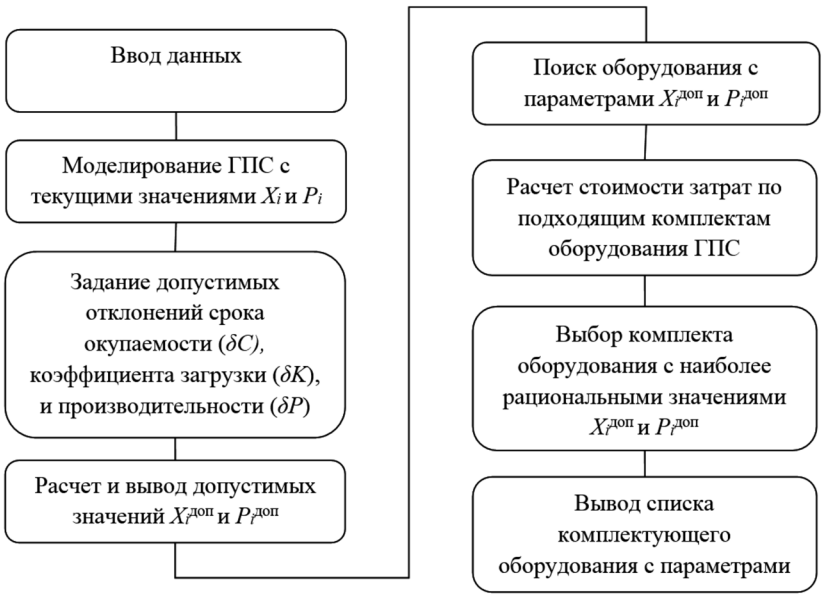


Рис. 5. Метод нормирования надежности оборудования при проектировании гибких производственных систем

Рассмотрим результаты, приведенные на рис. 4, для заданного значения допустимых потерь срока окупаемости $\delta C = 5{,}0\%$ относительно скорости перемещения робокара. Для робокара с вероятностью отказа $P \le 2{,}0\%$ достаточна скорость перемещения 2,0 м/с, для робокара с вероятностью отказа в диапазоне $3{,}0 \le P \le 4{,}0\%$ необходима скорость, равная 2,5 м/с, а для робокара с вероятностью отказа $P = 5{,}0\%$ необходима уже скорость, равная 3,0 м/с, Соответственно, увеличиваются мощность привода, энергозатраты и стоимость оборудования. Разработанное приложение позволяет оценить подобным образом все организационно-технические параметры проектируемой ГПС.

Тогда метод нормирования надежности оборудования при проектировании гибких производственных систем можно представить в виде алгоритма, приведенного на рис. 5.

Выводы

Предложенный метод нормирования надежности оборудования, применяемый при проектировании ГПС, позволил выявить интервалы допустимых значений организационно-технических параметров X_i и надежности $P(X_i)$, рекомендуемые при формировании Технического предложения по созданию ГПС, например:

– максимальная эффективность при вероятности отказа работы транспортного средства $P_{отс} < 5{,}0\%$ достигается при скорости робокара $V_{тс} \ge 2{,}0$ м/с. При $P_{отс} = 5{,}0 – 10{,}0\%$ рекомендуется $V_{тс} = 2{,}5 – 3{,}0$ м/с, при $P_{отс} > 10{,}0\%$ потери эффективности ГПС резко возрастают: для $P_{отс} = 40{,}0\%$

и $V_{тс}$ = 3,0 м/с увеличение срока окупаемости составит Δ_C = 38,5 %;

– длительность цикла загрузки станка рекомендуется в пределах $T_{см}$ = 15 – 35 с при вероятности отказов основного технологического оборудования $P_{ото}$ = 0 %, однако при $T_{см}$ = 15 с и $P_{ото}$ > 5,0 % потери по сроку окупаемости составляют уже Δ_C = 37,1 %.

Выявленные с применением разработанного метода нормирования надежности оборудования ГПС зависимости позволяют эффективно варьировать организационно-технические параметры системы для подбора варианта, удовлетворяющего техническому заданию с минимальной стоимостью.

Список литературы

1. Сердюк А.И., Сергеев А.И., Корнипаев М.А., Проскурин Д.А. Формализованное описание работы гибких производственных систем при создании систем компьютерного моделирования // СТИН. 2016. № 7. С. 12–18.

2. Сердюк А.И., Сергеев А.И., Радыгин А.Б. Компьютерное моделирование гибких производственных систем с автоматизированной системой инструментального обеспечения // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71. № 9. С. 387–392.

3. Ченгарь О.В. Имитационный алгоритм моделирования организационно-технологических процессов в гибкой производственной системе // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 4 (141). С. 185–193.

4. Прохончуков С.Р., Подлевских А.П. Повышение эффективности распределения пропускной способности магистрали сети автоматизированной системы управления между гибкими производственными модулями // Фундаментальные исследования. 2014. № 11. С. 783–792.

5. Трухин В.В. Гибкие производственные системы: учеб. пособие. Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2010. 136 с.

6. Jain S., Foley W.J. Impact of Interruptions on Schedule Execution in Flexible Manufacturing Systems. International Journal of Flexible Manufacturing Systems. 2002. Vol. 14. Issue 4. P. 319–344.

УДК 004.942

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОТЛОАГРЕГАТЕ ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сабитов М.А., Ведерникова Ю.А., Спасибов В.М.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: marat-030997@mail.ru, vedernikovaja@tyuiu.ru, spasibovvm@tyuiu.ru

Интеллектуальные системы управления производством становятся одним из основных средств повышения эффективности функционирования технологических комплексов. Возрастающая наукоемкость производства диктует требования к разработке и построению таких систем, что выражается в создании моделей сложных технологических объектов, на базе которых проводятся все испытания и проверки. В данной статье рассматриваются тепловые процессы, протекающие в пределах котельного агрегата. Эти процессы находят свое отражение в уравнениях теплового баланса по отношению к топочной камере, барабану котла, пароперегревателю. Для описания теплообмена в топке используется модель перемешанного потока. Для связи с тепловым балансом пароперегревателя учитывается несовершенное перемешивание газов на выходе из топочной камеры, для связи с тепловым балансом барабана котла вводится инерционность последнего. Полученная модель позволяет проводить имитационное моделирование для исследования как самих объектов, так и систем управления. В рассмотренном примере в качестве возмущающего воздействия рассматривается линейный рост расхода топлива – природного газа – на 10% за 5 секунд. Графики переходных процессов, происходящих в системе, демонстрируют различную степень зависимости таких выходных величин, как температура перегретого пара на выходе из пароперегревателя, температура в топочной камере и коэффициент полезного действия котлоагрегата, от изменения расхода топлива. Возможности модели не ограничиваются теми, что были показаны в ходе моделирования процесса; в частности могут быть спрогнозированы аварийные ситуации, что повысит безопасность и устойчивость производства.

Ключевые слова: имитационное моделирование, теплоэнергетика, энергоэффективность, котельный агрегат, тепловые процессы, модель перемешанного потока, переходная характеристика

SIMULATION FOR ANALYSIS OF THERMAL PROCESSES IN THE BOILER UNIT

Sabitov M.A., Vedernikova Yu.A., Spasibov V.M.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: marat-030997@mail.ru, vedernikovaja@tyuiu.ru, spasibovvm@tyuiu.ru

Intelligent production management systems are becoming one of the main means of improving efficiency of technological systems. The increasing science intensity of production is required the development and construction of such systems and it's represented in the creation of models of complex technological facilities, on the basis of which all tests and inspections are carried out. In this article thermal processes occurring within a boiler unit are considered. These processes are reflected in the equations of heat balance in relation to a combustion chamber, a boiler drum, a superheater. The mixed flow model is used to describe heat transfer in the furnace. The superheater's balance is connected with the chamber's balance by imperfect mixing of gases at the outlet of a chamber. Also thermal inertia of boiler's drum is taken into account. The obtained model allows carrying out simulation for the investigation of both objects and control systems. In the example, the input impact is linear increase of fuel consumption by 10% for 5 seconds. The graphs of the transient processes show a different degree of dependence of such output variables as a temperature in a combustion chamber, a temperature of superheated steam at the outlet of a superheater and efficiency of a boiler. The capabilities of the model are not limited by showed ones. In particular, possible technological accidents can be predicted. That will increase the safety and sustainability of production.

Keywords: simulation, heat power engineering, energy efficiency, boiler unit, thermal processes, model of the mixed flow, transition characteristic

Вопросы эффективного производства тепловой энергии котельными установками принимают особое значение в условиях роста тарифов на топливо и ужесточения экологических требований. При этом эффективность работы котельных установок во многом определяется не только их техническим состоянием, но и применением интеллектуальных систем управления производством, использующих развитые методы и алгоритмы анализа данных [1]. В данной работе предлагается математическая модель, которая представляет собой необходимый шаг для построения интеллектуальных алгоритмов анализа работы котельного агрегата, причем вид модели и детальность описания объекта определяются ее целевым назначением.

Цель исследования: построение математической модели котлоагрегата и проведение имитационного моделирования, демонстрирующего ее возможности для анализа тепловых процессов.

Материалы и методы исследования

В качестве фундаментальных уравнений при построении данной модели принимаются уравнения теплового баланса для топочной камеры, барабана котла и пароперегревателя.

Тепловой баланс в камере сгорания котла описывается выражением

$$c_{см}V_{см}\frac{d\theta_к}{d\tau} = -k_1 A(\theta_к - \theta_б) + \\ +G_т(Q_p^p - Q_{ух.г} - c_т(\theta_{в.г} - \theta_т)), \quad (1)$$

где $c_{см}$ – средняя объемная теплоемкость газовоздушной смеси в камере сгорания, Дж/(м³·К); $c_т$ – объемная теплоемкость топлива, Дж/(м³·К); $V_{см}$ – объем газовоздушной смеси, м³; k_1 – коэффициент теплопередачи от дымовых газов, Вт/(м²·К); F – площадь поверхности теплопередачи, м²; θ_k – температура в камере сгорания, К; $\theta_б$ – температура в барабане котла, К; $\theta_{в.г.}$ – температура воспламенения топлива, К; $\theta_т$ – температура подаваемого в камеру сгорания топлива, К; $G_т$ – объемный расход топлива в камере сгорания, м³/с; Q_p^p – высшая теплота сгорания топлива, Дж; $Q_{ух.г.}$ – потери теплоты с дымовыми газами, покидающими котлоагрегат, Дж.

Уравнение теплового баланса в барабане котла:

$$c_в M_в \frac{d\theta_б}{d\tau} = k_1 A(\theta_к - \theta_б) - \\ -G_{пит.в}c_{пит.в}(\theta_б - \theta_{пит.в}) - D\lambda, \quad (2)$$

где $c_в$ – удельная теплоемкость воды в барабане, Дж/(кг·К); $M_в$ – масса воды в барабане котла, кг; $G_{пит.в}$ – массовый расход питательной воды в барабан, кг/с; $c_{пит.в}$ – теплоемкость питательной воды, Дж/(кг·К); $\theta_{пит.в}$ – температура питательной воды, К; λ – удельная теплота парообразования, Дж/кг; D – массовый расход воды на парообразование (паропроизводительность), кг/с.

В адиабатных условиях выделяющееся количество теплоты идет на увеличение степени нагрева дымовых газов [2]. Теоретическую температуру горения топлива в топке $\theta_к$ вычисляют по формуле

$$\theta_к = \frac{Q_т}{V_{RO_2}c_{CO_2} + V_{N_2}^0 c_{N_2} + V_{H_2O}^0 c_{H_2O} + (\alpha_T - 1)V^0 c_{хв}}, \quad (3)$$

где $V_{RO_2}, V_{N_2}^0, V_{H_2O}^0$ – теоретические объемы продуктов сгорания топлива, м³/кг; $c_{CO_2}, c_{N_2}, c_{H_2O}, c_{хв}$ – средние объемные теплоемкости углекислоты, азота, водяных паров и воздуха, кДж/(м³·К); α_T – коэффициент избытка воздуха в топочной камере.

Аэродинамическое несовершенство топочных устройств проявляется в том, что температура газов по мере движения по газовоздушному тракту понижается, поэтому энтальпию дымовых газов перед пароперегревателем рассчитывают по действительной температуре дымовых газов на выходе из топки:

$$\theta_m'' = \frac{\theta_к}{M\left(\frac{5{,}7\cdot 10^{-11}\zeta H_л \gamma \theta_т^3}{\varphi G_т c}\right)^{0{,}6} + 1}, \quad (4)$$

где M – расчетный коэффициент, значение которого определяется относительным местоположением максимума температуры в топке; ζ – условный коэффициент загрязнения лучевоспринимающих поверхностей; γ – степень черноты топки; $H_л$ – лучевоспринимающая поверхность нагрева, м²; φ – коэффициент сохранения теплоты; c – средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания 1 м³ топлива в интервале температур, кДж/(м³·К).

Энергия пара в пароперегревателе увеличивается за счет теплопередачи от дымовых газов посредством специально предназначенных для этого конструктивных элементов:

$$G_т\varphi\left[I_{ух}' - I_{ух}'' + \Delta\alpha_{пп}V^0 c_{хв}\theta_{хв}\right] = D(i_{пп} - i_{нп}), \quad (5)$$

где $I_{ух}'$ и $I_{ух}''$ – энтальпия продуктов сгорания перед пароперегревателем и после него, кДж/м³; $\Delta\alpha_{пп}$ – присос воздуха в газоходе пароперегревателя; V^0 – теоретически необходимый объем воздуха для сгорания 1 м³ природного газа, м³; $\theta_{хв}$ – температура воздуха в котельной, К; $i_{нп}$ и $i_{нп}$ – энтальпии перегретого пара на выходе из пароперегревателя и насыщенного пара на входе в пароперегреватель, кДж/кг.

В описание теплового баланса топочной камеры котельного агрегата входит высшая теплота сгорания топлива, которая может быть описана следующим образом на 1 м³ газового топлива:

$$Q_p^p = Q_н^c + Q_{ф.т} + Q_{ф.в}, \quad (6)$$

где $Q_н^c$ – низшая теплота сгорания газообразного топлива, кДж; $Q_{ф.т.}$ – физическая теплота топлива, кДж; $Q_{ф.в.}$ – физическая теплота воздуха при его предварительном подогреве вне котельного агрегата, кДж [3].

Тепловые потери, приходящиеся на единицу объема сжигаемого топлива, связаны с недостаточным охлаждением продуктов сгорания за пароперегревателем:

$$Q_{ух.г} = (V_{ух}c_{рух}\theta_{ух} - \alpha_{ух}V^0 c_{хв}\theta_{хв})\frac{100 - q_4}{100} = \\ = (I_{ух}'' - \alpha_{ух}I_{хв}^0)\frac{100 - q_4}{100}, \quad (7)$$

где $V_{ух}$ – объем уходящих газов на выходе из последнего газохода котлоагрегата на 1 м³ природного газа, м³; $c_{рух}$ – средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении, определяемая по $\theta_{ух}$, кДж/(м³·К); $\theta_{ух}$ – температура уходящих газов на выходе из последнего газохода, К; $\alpha_{ух}$ – коэффициент избытка воздуха за котлоагрегатом; q_4 – потеря теплоты от механической неполноты сгорания, %; $I_{хв}^0$ – энтальпия холодного воздуха, кДж/кг.

Можно предположить, что поверхность теплоприемника мгновенно передает теплоту водному объему. Тогда определяющим пунктом теплообмена становится граница «стенка – вода», которая описывается через коэффициент теплоотдачи α_1, и выгодно использовать модель перемешанного потока [4]. Количество теплоты, передаваемое от дымовых газов к теплоприемнику за счет излучения и конвекции, рассчитывается следующим образом:

$$Q_1 = g_1\sigma\cdot(\theta_б^4 - \theta_к^4) + \alpha_к A_1(\theta_к - \theta_б), \quad (8)$$

где σ – постоянная Стефана – Больцмана, Вт/(м⁻²·К⁻⁴); $\alpha_к$ – коэффициент теплоотдачи топочных газов конвекцией, Вт/(м²·К); A_1 – поверхность теплоприемника, которая получает теплоту конвекцией, м²; g_1 – общее сопротивление передачи теплоты излучением от газа к теплоприемнику, учитывающее многократное отражение от всех поверхностей, и излучение, отраженное от экранов [5]. Если отражающая и поглощающая поверхности разделены, причем последняя представляет собой плоскость, общее сопротивление излучению равно

$$g_1 = \frac{A_T}{(1/C_1\varepsilon_1) + [(1-\varepsilon_g)/(1-C_1\varepsilon_g)]\cdot[(1/\varepsilon_g) - 1]}, \quad (9)$$

где $\varepsilon_г$ – средний коэффициент излучения газа; ε_1 – коэффициент излучения поверхности поглоти-

теля; C_1 – доля общей поверхности, перекрываемой поверхностью поглотителя теплоты. Расчет степени черноты газов $\varepsilon_г$ смеси H_2O и CO_2 можно провести по упрощенной методике:

$$\varepsilon_г = 1 - e^{-10kpS_{эф}}, \quad (10)$$

где k – коэффициент ослабления лучей в смеси, определяемый эмпирической формулой

$$k = 0,8\frac{1+20P_{H_2O}}{\sqrt{10P\cdot S_{эф}}}\cdot\left(1-0,38\cdot\frac{\theta_к}{1000}\right), \quad (11)$$

где $P = P_{H_2O} + P_{CO_2}$ – суммарное парциальное давление водяного пара и углекислого газа, МПа; $S_{эф}$ – эффективная длина луча, м [6].

Выражение (9) учитывает лишь часть термического сопротивления, относящуюся к границе «дымовые газы – стенка». Полное сопротивление вычисляется по формуле

$$R = \frac{1}{\alpha_{т1}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{т2}}, \quad (12)$$

где $\alpha_{т1}$ – эквивалентный коэффициент теплоотдачи от топочных газов стенке, Вт/(м²·К); $\alpha_{т2}$ – коэффициент теплоотдачи от стенки к воде, Вт/(м²·К); δ – толщина стенки, м; λ – теплопроводность стенки, Вт/м·К [7]. В результате работы теплообменника на поверхности теплопередачи образуются осаждения, которые могут заметно увеличить сопротивление теплопередаче.

На величину коэффициента $\alpha_{т2}$ влияет давление $p_н$ и плотность теплового потока q:

$$\alpha = 3,0\cdot q^{0,7}\cdot p_н^{0,15}. \quad (13)$$

Характер изменения $\alpha_{т2}$ не является монотонным и проходит через два кризиса кипения. Расчет первой и второй критических тепловых нагрузок выполняют с использованием гидродинамической модели кризисов кипения С.С. Кутателадзе.

Пароперегреватели в зависимости от ключевого способа теплопередачи подразделяют на конвективные, радиационные и полурадиационные. Вне зависимости от типа пароперегревателя при сжигании и газообразного топлива, и мазута коэффициент теплопередачи k_2 определяется по формуле

$$k_2 = \psi\frac{\alpha_1\cdot\alpha_2}{\alpha_1+\alpha_2}, \quad (14)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к поверхности пароперегревателя, Вт/(м²·К); α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки пароперегревателя насыщенному пару, Вт/(м²·К) [8]. При моделировании технических объектов и систем теплоэнергетики расчет ключевых величин может быть выполнен с опорой на условия подобия [9]. Коэффициент теплоотдачи от стенки к пару при продольном омывании нагретым паром рассчитывается следующим образом:

$$\alpha_2 = \alpha_н\cdot C_d, \quad (15)$$

где $\alpha_н$ – коэффициент теплоотдачи, значение которого определяется по номограмме в зависимости от технологических параметров пара; C_d – поправка на диаметр, определяется по дополнительному полю вышеупомянутой номограммы в зависимости от внутреннего диаметра пароперегревателя.

Механизм теплопроводности при кипении описывается моделью пограничного слоя; с этой позиции правомерно оперировать коэффициентом теплоотдачи $\alpha_{кип}$, который позволяет судить о характере кипения, тем самым сократив риск выхода из строя тепловых элементов энергетических установок [10].

Полученная система уравнений (1–15) является моделью с сосредоточенными параметрами, которая при введении инерционности пароводяного тракта позволяет оценить реакцию системы на возмущающее воздействие по расходу топлива.

Результаты исследования и их обсуждение

Возможности модели иллюстрируются на примере модельного эксперимента, в качестве исходных данных использовались технические характеристики котлоагрегата БКЗ-210-140. Это котельный агрегат однобарабанный, вертикально-водотрубный, с естественной циркуляцией П-образной компоновки (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики БКЗ-210-140

Наименование	Величина
Паропроизводительность, т/ч	210
Температура перегретого пара, °С	545
Температура питательной воды, °С	230
Лучевоспринимающая поверхность нагрева экранов топки, м²	716
Поверхность нагрева пароперегревателя, м²	2561
Давление в барабане котлоагрегата, кгс/см²	155
Водяной объем котла, м³	58,5
Паровой объем котла, м³	30,7
Объем топочной камеры, м³	1093

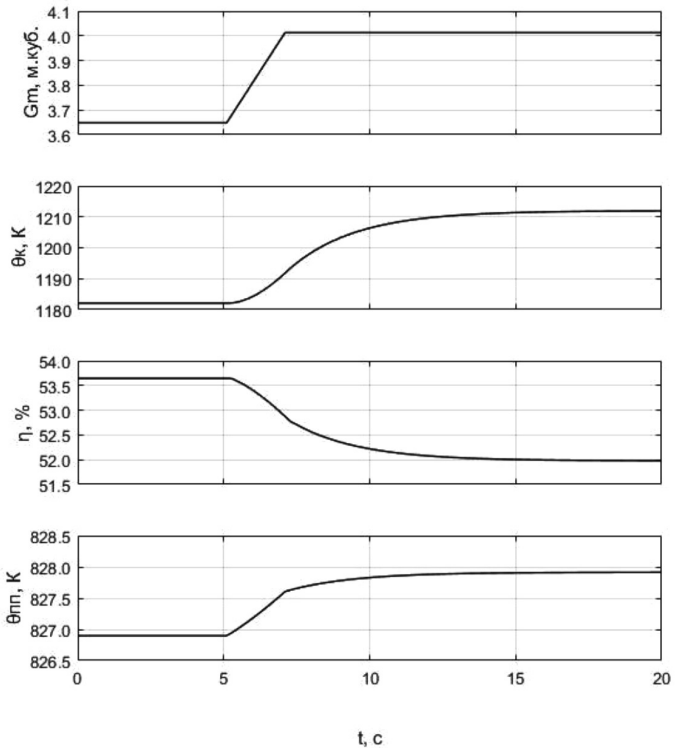
Для получения динамических характеристик объекта используется возмущающее воздействие по расходу топлива, которым является природный газ. Состав топлива приведен в табл. 2.

На пятой секунде наносится возмущающее воздействие по расходу топлива $G_т$, который на седьмой секунде превышает начальное значение на 10%. С помощью уравнений (1–15) получены графики изменения температуры в топочной камере θ_t, температуры перегретого пара $\theta_{пп}$ и коэффициента полезного действия котельного агрегата η (рисунок).

Таблица 2

Состав топлива

	CH_4	C_2H_2	C_2H_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	N_2	CO_2	H_2
%	97,84	0	0	0,1	0,03	0,02	0,01	1,7	0,3	0



Результаты модельного эксперимента

Результаты имитационного моделирования иллюстрируют, что процессы в топочной камере протекают с достаточно высокой скоростью, что согласуется с кинетикой горения при перемешанном потоке.

Заключение

Возможности модели не ограничиваются результатами приведенного эксперимента. Построенная модель котлоагрегата позволяет оценивать в то же время инерционность барабана котла, которая обусловливает большую задержку в динамике нагрузки, что важно для прогнозирования аварийных режимов, вытекающих из выхода технологических параметров на новые установившиеся значения. Таким образом, учет в модели разнотемповости тепловых процессов в котельном агрегате является основанием для предотвращения возможных аварийных ситуаций (например, пережога экранных труб).

Модель обладает и другими полезными свойствами: предполагая безотказную работу системы управления технологическим процессом, она оставляет тем не менее пространство для испытания различных алгоритмов управления и устройств, отрабатывающих простейшие законы регулирования или их комбинацию.

Дальнейшее развитие работы авторам видится в направлении доработки модели, позволяющей рассматривать работу котлоагрегата под нагрузкой, например, в составе энергоблока. Это расширит возможности анализа, повысив в то же время практическую ценность исследования.

Список литературы

1. Хорошев Н.И. Интеллектуализация процесса поддержки принятия решений при эксплуатации энергетических котельных установок // Системы. Методы. Технологии. 2017. № 2. С. 66–73.

2. Кудинов А.А. Горение органического топлива: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2015. 390 с.

3. Хзмалян Д.М. Теория горения и топочные устройства: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. М.: «Энергия», 1976. 488 с.

4. Бобровская Е.И., Двоеглазова М.О., Семенова Н.В. Методы теплового расчета газотрубных котлов // Динамика систем, механизмов и машин. 2012. № 2. С. 65–68.

5. Мартыненко О.Г. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т. 2. М.: Энергоатомиздат, 1987. 352 с.

6. Кривандин В.А. Теория, конструкция и расчеты металлургических печей: учебник для техникумов. Т. 1. М.: Металлургия, 1986. 479 с.

7. Бухмиров В.В. Тепломассообмен: учеб. пособие. Иваново: ФГБОУ ВПО «Ивановский гос. энерг. ун-т имени В.И. Ленина», 2014. 360 с.

8. Ерофеев В.Л. Теплотехника. В 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2016. 308 с.

9. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2013. 400 с.

10. Айнштейн В.Г. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 1758 с.

УДК 681.5

УСТРОЙСТВО ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ДОМАШНЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

[1]Салкин Д.А., [2]Душутин С.С.

[1]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: salkin_da@mail.ru;

[2]Компания «АВЕРТ», Саранск, e-mail: newavert@gmail.com

В настоящей статье предлагается устройство дистанционного контроля и управления (контроллер), разработанное для системы домашней автоматизации. Описаны функциональные возможности и приведены технические характеристики разработанного устройства. При создании устройства был применен сервис-ориентированный подход. Особенность данной разработки заключается в том, что в устройство были заложены изначально наиболее востребованные у потребителя опции домашней автоматизации. Также предусмотрена возможность масштабирования системы домашней автоматизации в процессе ее эксплуатации, с использованием одного контроллера. По сравнению с имеющимися на российском рынке аналогами предлагаемое устройство обладает следующим конкурентным преимуществом: установка, настройка и эксплуатация самого контроллера и всей системы домашней автоматизации в целом производится потребителем, не обладающим какими-либо профессиональными навыками. Дистанционное управление устройством реализовано с помощью встроенного GSM/GPRS-модуля. При этом реализовано три взаимозаменяемых вида управления: с помощью web-интерфейса, SMS-сообщениями, звонком через голосовое меню. Мониторинг и управление системой домашней автоматизации через сеть Интернет реализовано с помощью web-платформы «Тепломонитор», в которой встроены необходимые для этих задач web-сервисы. Взаимодействие контроллера с сервером реализовано по протоколу MQTT.

Ключевые слова: контроллер, система домашней автоматизации, «умный дом», датчики, опции домашней автоматизации, дистанционное управление

DEVICE FOR REMOTE CONTROL AND CONTROL FOR HOME AUTOMATION SYSTEMS

[1]Salkin D.A., [2]Dushutin S.S.

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University», Saransk, e-mail: salkin_da@mail.ru;

[2]Company «AVERT», Saransk, e-mail: newavert@gmail.com

This article proposes a remote control and control device (controller) designed for the home automation system. Functional capabilities are described and technical characteristics of the developed device are given. When creating the device, a service-oriented approach was applied. The peculiarity of this development lies in the fact that the device originally built the most popular home automation options for the consumer. It is also possible to scale the home automation system during its operation using a single controller. In comparison with the analogues available in the Russian market, the proposed device has the following competitive advantage: installation, adjustment and operation of the controller itself and the entire home automation system as a whole is performed by a consumer who does not possess any professional skills. The remote control of the device is realized with the help of the built-in GSM / GPRS module. At the same time, three interchangeable types of management are implemented: via the web-interface, SMS-messages, a call through the voice menu. Monitoring and management of the home automation system via the Internet is realized using the web-platform «Teplomonitor», in which web services necessary for these tasks are built. The controller is interfaced with the server using the MQTT protocol.

Keywords: controller, home automation system, smart home, sensors, home automation options, remote control

С развитием информационного общества повышается интерес населения к внедрению систем информатизации в бытовой сфере. Становится более востребованной и активно внедряется концепция «интернет вещей» [1–2]. Однако российский рынок домашней автоматизации имеет ряд отличий от рынка западных стран. В странах Европы и Северной Америки востребованы «зеленые функции» «умного дома», а у российского потребителя наибольшей популярностью пользуются опции безопасности. Это видно по наличию и объему предоставляемых на рынке услуг. Например, предприятия, специализирующиеся на инсталляции охранных систем, предлагают физическим лицам, государственным и коммерческим организациям системы охранно-пожарной сигнализации, которые могут оснащаться различными датчиками (утечки воды, газа, тепла и другими). Функции домашней автоматизации, связанные с удобством и комфортом, имеют низкий спрос из-за невысокой платежеспособности населения РФ. В сфере ЖКХ постепенно внедряются опции «умного дома», направленные на повышение энергоэффективности. Однако на уровне частного потребителя потребность в подобных опциях весьма низкая, так как затраты на внедрение и обслуживание систем довольно велики. Комплексные

интеллектуальные системы «умного дома» в России зачастую оказываются дорогими не только для индивидуальных потребителей, но даже для большинства коммерческих компаний. Поэтому актуальным направлением на российском рынке домашней автоматизации остается предложение потребителю отдельных опций «умного дома», связанных, прежде всего, с безопасностью жилья.

В настоящее время на рынке представлен большой спектр устройств контроля и управления (контроллеров), предназначенных для автоматизации технических объектов [3–4]. Однако при всех своих неоспоримых преимуществах для установки и настройки этих контроллеров на объекте часто требуется привлечение специалистов. При организации автоматизированной системы технологических процессов на промышленных объектах это является обычной практикой. Но в области домашней автоматизации существует спрос на устройства контроля и управления, которые можно купить в любом магазине по невысокой цене, установить и настроить самостоятельно, не обладая профессиональными навыками [5].

Цель работы: разработать устройство дистанционного контроля и управления (контроллер), применимое в системах домашней автоматизации, функционал которого позволял бы потребителю самостоятельно подключать и настраивать различные опции.

Материалы и методы исследования

В условиях большого предложения и невысокой платежеспособности на рынке устройств домашней автоматизации конкурентным преимуществом является гибкий подход к клиенту. Потребителя прежде всего интересует цена, надежность и простота настройки. Поэтому для достижения поставленной цели в настоящей работе был применен сервис-ориентированный подход. Он заключался в том, что разрабатываемый контроллер должен иметь возможность добавлять, уменьшать и изменять отдельные опции в автоматизированной системе по запросу потребителя. Клиент на этапе покупки системы, заказав базовый набор опций, впоследствии должен иметь возможность их расширить. При этом предлагаемая система должна быть обязательно масштабируема с минимальными затратами. То есть, с учетом того, что индивидуальный потребитель в России не готов платить большие суммы за организацию системы автоматизации в своем жилье, необходимо ему предлагать доступные простые, но технологичные решения по автоматизации.

Для создания конкурентного устройства в данной работе предлагается заложить в него определенный набор опций домашней автоматизации. При этом количество их должно быть ограничено, поскольку если снабжать всеми возможными опциями, то это потребует высокопроизводительного дорогого устройства. Поэтому необходимо определить наиболее востребованные опции домашней автоматизации. Исследования, проведенные нами ранее в работе [5], показали, что наиболее востребованными опциями на российском рынке являются следующие:

– система контроля и управления отопительной системой (для жилых объектов с индивидуальным отоплением);

– система предотвращения утечки природного газа;

– система предотвращения протечки воды;

– система контроля уровня задымленности;

– система оповещения о несанкционированном проникновении в жилое помещение (через окно, дверь и т.д.);

– система контроля и управления электрическими розетками.

Работа по взаимодействию компании «АВЕРТ» с клиентами также показала, что наиболее востребованной опцией системы домашней автоматизации является дистанционный контроль и управление газовой или электрической системой отопления в частных жилых домах [6]. Это связано с тем, что система отопления требует постоянного контроля со стороны собственника жилья. Надежность работы газовых и электрических котлов зависит от таких факторов, как бесперебойность электропитания, давление в системе, погодные условия. Например, при пропадании электропитания может отключиться отопительный котел. Также котел может выйти из строя по причине низкого давления в системе или промерзнуть во время сильных морозов в отсутствии собственника. Ремонт системы отопления – всегда дорогостоящее мероприятие. Поэтому, несмотря на невысокую платежеспособность населения и, в связи с этим, низкий спрос на системы «умного дома» в нашей стране, опция домашней автоматизации, связанная с контролем и управлением системой газового отопления, пользуется популярностью и спрос на нее постоянно растет.

Таким образом, при разработке устройства в качестве основной нами была заложена именно эта опция, а в качестве дополнительных – другие вышеперечисленные опции.

На основании анализа существующих систем автоматизации, изучения предметной области к разрабатываемому устройству контроля и управления были сформулированы следующие основные требования:

− контроллер должен иметь возможность подключать все вышеперечисленные опции домашней автоматизации;

− должна быть предусмотрена возможность дистанционного контроля и управления системы на базе данного контроллера;

− должна быть предусмотрена возможность работы контроллера в автономном режиме;

− контроллер должен иметь возможность запуска и бесперебойной работы при отрицательных температурах;

− установка и настройка контроллера не должна требовать профессиональных навыков;

− система на базе данных контроллеров должна быть масштабируема;

− контроллер должен иметь невысокую стоимость.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенной работы в настоящее время была разработана модель контроллера «Оптима-3» (рис. 1). Характеристики контроллера приведены в таблице.

Характеристики контроллера «Оптима-3»

Характеристика	
Напряжение питания	8–40В постоянного тока
Потребляемая мощность	не более 1 Вт (текущая около 0,2 Вт)
Резервное питание	АКБ Li-ion 14500, 900мА·ч, с защитой от разряда
Время питания в автономном режиме	без нагрузки до 24 ч
Центральный процессор	8-разрядный RISC-процессор 16 МГц
Интерфейсы связи	GSM модем
Встроенная энергонезависимая память	Есть
Количество встроенных реле (тип – сухой контакт)	6
Максимально коммутируемый ток контактов реле	1А
Количество тревожных/аварийных входов	5
Количество температурных входов для датчиков типа DS18B20	10
Суммарная длина шлейфа с датчиками температур	50 м
Дискретность измерения температуры	0,1 °С
Интерфейс 1-Wire для датчиков температур	Есть
Питание активных датчиков напряжением + 12В	Есть
Максимальная нагрузка на выход + 12В аварийных датчиков	130 мА
Удаленный сброс сработавших тревожных датчиков	Есть
Диапазоны GSM-модема	800, 900, 1800, 1900 MHz
Канал передачи данных	GPRS
GSM антенна	Выносная, длина провода 3 м
Максимальное кол-во телефонных номеров для оповещения	3
Голосовое управление по звонку, управление по SMS	Есть
WEB-интерфейс для управления через интернет	Есть
Поддерживаемые операторы сотовой связи	Все операторы
Температура эксплуатации	от -40 до + 55 °С
Средний срок службы	8 лет
Гарантийный срок	24 месяца со дня продажи
Материал корпуса	Пластик
Степень защиты корпуса	IP20
Масса, не более:	500 г
Габаритные размеры устройства	160х90х60 мм
Габаритные размеры упаковки	200х100х70 мм

Контроллер «Оптима-3» снабжен аккумулятором Li-ion 14500 (900 мА·ч, с защитой от разряда), что позволяет, во-первых, работать ему в автономном режиме, до 24 часов сохраняя функциональность, и, во-вторых, оповещать собственника жилья об отсутствии напряжения сети 220 В. Кроме того, от этого встроенного аккумулятора контроллер обеспечивает питание активных датчиков (движения, дыма, объема, протечки и т.д.) напряжением + 12 В, и при пропадании напряжения 220 В датчики и каналы управления продолжают работать.

Важной особенностью разработанного контроллера является возможность запуска и устойчивой работы в условиях отрицательных температур (до –40 °С) за счет системы встроенного обогрева платы и аккумулятора. Таким образом, можно организовать охрану и контроль температуры в неотапливаемом помещении.

Контроллер имеет следующие функциональные возможности:

− позволяет подключить 10 датчиков температуры,

− имеет 6 каналов управления,

− имеет канал управления котлом напряжением 0–10 В,

− имеет возможность контролировать 5 тревожных зон.

В «Оптима-3» два канала управляются по температуре или в режиме «включено – выключено». Дополнительные четыре канала управляются в режиме «включено – выключено», настраиваются в зависимости от срабатывания тревожных датчиков или включаются

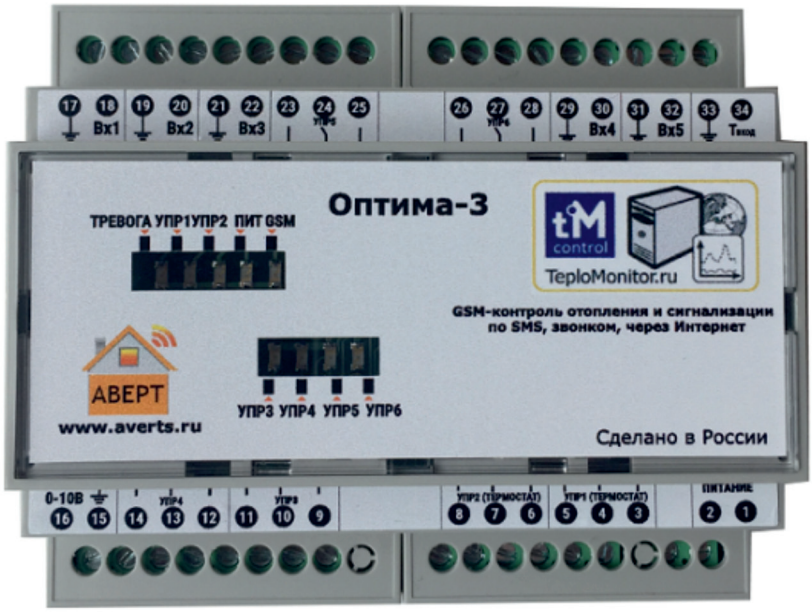
по расписанию. Например, можно организовать систему автополива, настроив канал следующим образом: включать насос для полива в определенный день недели и определенное время. Если подключен датчик влажности, включать канал при недостаточной влажности почвы на задаваемое время.

Разработанное устройство позволяет осуществлять дистанционный контроль и управление температурой помещения. Для осуществления этой функции контроллер подключается к газовому котлу вместо комнатного термостата (рис. 2). При этом устройство совместимо с газовыми котлами многих производителей. На практике в настоящее время контроллеры «Оптима» могут работать с котлами следующих фирм: Viessmann, Dakon, Navien, Beretta, Bosh, Buderus, Эван, Nibe, Protherm, Thermona, Electrolux, РусНИТ, Vaillant, Baxi, Ariston.

Контроллер «Оптима-3» поддерживает оптимальные температурные параметры во время управления котлом, вследствие чего происходит значительная экономия газа и электроэнергии. Предусмотрена возможность настройки недельного расписания, а также включения режима «эконом» в отсутствии владельца. На некоторых объектах удалось достичь 50% экономии по потреблению природного газа и 30% – по потреблению электроэнергии.

Контроль температуры отапливаемого помещения производится по 5 подключаемым по технологии 1-wire датчикам температуры DS18B20 (рис. 3).

Контроллеры «Оптима-3» можно использовать для механической регулировки системы отопления, разместив датчики температуры в комнате или на обратном контуре. Датчики температуры также контролируют и исправность отопительной системы. Оповещение собственника жилья о неисправности системы происходит в случае выхода температуры по каждому подключенному датчику за верхний или нижний пороги.



1, 2 – питание 8–40 В;
3, 4, 5 – управляющий выход УПР1 (ТЕРМОСТАТ) (1 нормально-замкнутый и 2 нормально-разомкнутых контакта);
6, 7, 8 – управляющий выход УПР2 (ТЕРМОСТАТ) (1 нормально-замкнутый и 2 нормально-разомкнутых контакта);
9, 10, 11 – управляющий выход УПР3 (1 нормально-замкнутый и 2 нормально-разомкнутых контакта);
12, 13, 14 – управляющий выход УПР4 (1 нормально-замкнутый и 2 нормально-разомкнутых контакта);
15, 16 – выход 0–10 В для «умного» управления горелкой котла;
17, 18 – дискретный вход Вх1;
19, 20 – дискретный вход Вх2;
21, 22 – дискретный вход Вх3;
23, 24, 25 – управляющий выход УПР5 (1 нормально-замкнутый и 2 нормально-разомкнутых контакта);
26, 27, 28 – управляющий выход УПР6 (1 нормально-замкнутый и 2 нормально-разомкнутых контакта);
29, 30 – дискретный вход Вх4;
31, 32 – дискретный вход Вх5;
33, 34 – дискретный вход Твход.

Рис. 1. Внешний вид и распиновка контроллера «Оптима-3»

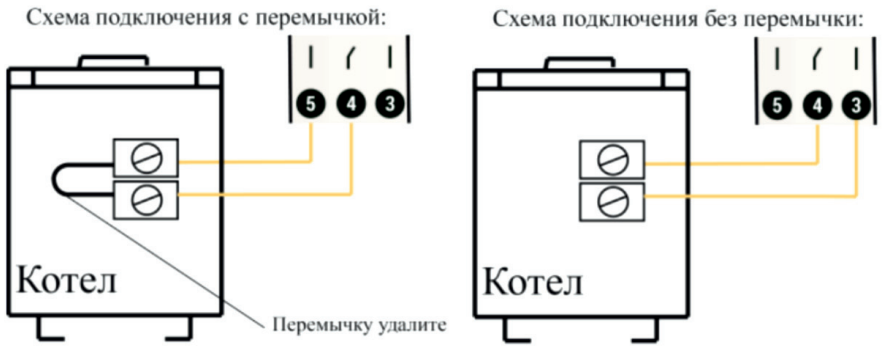


Рис. 2. Принципиальная схема подключения котла отопления к контроллеру

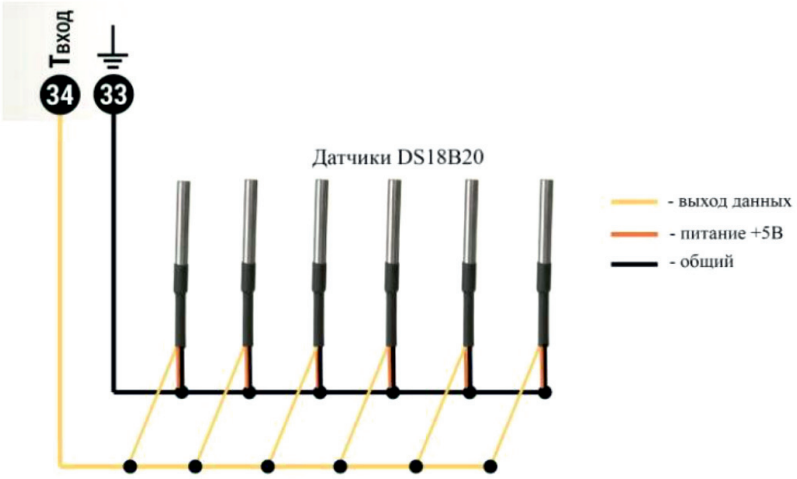


Рис. 3. Схема подключения датчиков температуры к контроллеру «Оптима-3»

Если необходимо осуществлять только контроль отопительной системы (без функции управления), то подключать контроллер к газовому котлу нет необходимости, достаточно разместить температурные датчики в ключевых точках помещения.

Современные газовые котлы имеют встроенную микропроцессорную систему управления и контроля, которая определяет неисправность и выводит на дисплей код ошибки. В случае появления ошибки подключенный к газовому котлу контроллер «Оптима-3» с помощью тревожного датчика оповестит собственника.

Возможности разработки «Оптима-3» позволяют кроме управления отопительной системы помещения на базе одного устройства реализовать другие опции домашней автоматизации. С помощью контроллера «Оптима-3» предлагается подключить систему контроля и сигнализации о состоянии других технических объектов жилья:

– контроль протечки воды;
– контроль проникновения в помещение;
– контроль задымленности;
– контроль утечки природного газа.

Вместе с контроллером в этом случае должны комплектоваться следующие совместимые датчики.

В качестве датчика низкого давления предлагается использовать реле давления PM/5 фирмы ITALTECNICA. Оно представляет собой устройство, управляющее включением – выключением насоса при достижении в водопроводной сети определенного, заранее установленного давления. Когда давление падает ниже установленного уровня, «Оптима-3» передает тревожный сигнал пользователю, а реле включает насос. После достижения требуемого давления насос выключается.

Для контроля протечки воды в комплекте с устройством «Оптима-3» может поставляться датчик «H_2O-Контакт», который предназначен для обнаружения воды или другой токопроводящей неагрессивной

жидкости в контролируемом объеме и используется для работы в адресных системах сигнализации, а также с контроллерами автоматизированных систем управления с «сухим контактом».

Для обнаружения несанкционированного проникновения в помещение и формирования извещения о тревоге в комплекте с «Оптима-3» могут поставляться датчики движения Астра-5 Б (ИО 309-11) и Астра-512 (ИО 409-42), а также датчик разбития стекла Астра-С (ИО 329-5). Датчики движения срабатывают в случае размыкания выходных контактов сигнального реле. Модель Астра-512 отличается тем, что снабжена защитой от срабатывания на животных весом до 20 кг.

Датчик Астра-С предназначен для обнаружения нарушения целостности стекол, остекленных конструкций закрытых помещений и формирования извещения о тревоге путем размыкания выходных контактов сигнального реле. Принцип работы этого датчика основан на преобразовании звуковых колебаний в электрические сигналы электретным микрофоном со встроенным усилителем. Решение о наличии повреждения остекленной поверхности принимает встроенный в датчик микроконтроллер, на который поступает сигнал с микрофона.

Для организации пожарной сигнализации в комплекте с «Оптима-3» предлагается датчик дыма ИПД 3.2 производства российской фирмы «Артон», предназначенный для непрерывной круглосуточной работы по четырехпроводной схеме включения.

Также в комплекте с контроллером «Оптима-3» может поставляться датчик контроля утечки газа СГ-5. Данный датчик имеет автоматическую регулировку чувствительности. При первом включении СГ-5 в течение минуты измеряется средняя концентрация газа в помещении, после чего запоминается значение степени загазованности, которое впоследствии принимается за норму. В случае отклонения загазованности в сторону увеличения датчик переходит в тревожный режим – загорается световая индикация и посылается сигнал на выходное реле. Это позволяет использовать датчик в помещениях с заведомо повышенной загазованностью. Питается СГ-5 от источника постоянного напряжения + 5 В. Релейный выход можно подключить на включение вентиляции и электромагнитного клапана. Датчик СГ-5 может быть использован совместно с системами дистанционного управления и контроля, а также для моментального определения надежности резьбовых и сварных соединений газоподводящих конструкций. Применение СГ-5 совместно с устройством «Оптима-3» позволяет оперативно узнать собственнику помещения об утечке газа, поскольку датчик зафиксирует даже небольшое отклонение по загазованности.

Оповещение собственника о возникающих неисправностях в контролируемых технических системах жилого объекта, а также передача сигналов тревоги системы безопасности происходит по каналам связи GSM/GPRS, поэтому для работы устройства собственнику необходимо приобрести и подключить SIM-карту любого оператора сотовой связи. При этом устройство поддерживает устойчивую GSM/GPRS связь в месте установки и работает даже при низком уровне сигнала. На устройствах «Оптима-3» реализовано 3 вида дистанционного управления:

– с помощью web-платформы «Тепломонитор»;

– SMS-сообщениями;

– звонком через голосовое меню.

Контроль состояния подключенных датчиков, управление и настройка могут осуществляться пользователем через интернет с помощью web-платформы «Тепломонитор». «Тепломонитор» – это платформа для мониторинга и диспетчеризации объектов. В нее входят веб-сервисы сайта teplomonitor.ru и аппараты, непосредственно контролирующие работу системы отопления и состояние тревожных датчиков [7]. После покупки контроллера собственнику необходимо зарегистрироваться на сайте, используя IMEI и номер билета одноразовой регистрации с коробки устройства. В дальнейшем всеми сервисами можно пользоваться бесплатно, так как стоимость сервиса включена в стоимость контроллеров. Для контроля и управления пользователь может использовать мобильное приложение на своем смартфоне или планшете под операционными системами Android или IOS.

С помощью web-сервисов можно составлять схемы отопительной системы, управлять, наблюдать за состоянием устройства и помещения со смартфона, планшета или компьютера в режиме реального времени.

Взаимодействие контроллера с сервером реализовано по протоколу MQTT [8]. MQTT – сетевой протокол, работающий поверх TCP/IP и в настоящее время широко используемый для обмена данными между отдельными устройствами в сетях IoT. Клиенты в системе, работающей по протоколу MQTT, могут быть издателями или подписчиками сообщений. Сообщения между издателем и подписчиком передаются не напрямую, а через брокер сообщений. То есть издатель отправляет данные на MQTT бро-

кер, указывая в сообщении определенную тему (topic). Другой клиент может подписаться на этот topic и считывать сообщения от издателя. Таким образом, всё общение между клиентами проходит транзитом через сервер, который перенаправляет данные другим клиентам с учетом их подписок. Подписчики могут получать разные данные от множества издателей. Иерархическая структура топиков имеет формат «дерева», что упрощает их организацию и доступ к данным.

Помимо управления через web-интерфейс, в любой момент времени пользователь может запросить состояние устройства или изменить настройки звонком или SMS-командами. Особенно это актуально, если у пользователя отсутствует доступ к сети Интернет. При этом настройки SMS-сообщениями и звонками через голосовое меню взаимозаменяемы с настройками через web-сервис. Все настройки, сделанные по SMS или через голосовое меню, передаются на сервер. А то, что настраивается на сервере, в свою очередь, передается и запоминается устройством.

Порядок оповещения контроллером «Оптима-3» следующий: при наступлении нештатной ситуации сообщение о тревоге поступает в личный кабинет на сервер и на электронную почту. Затем, если настроены номера оповещений, осуществляется звонок владельцам устройства, при котором устройство проговаривает сработавшую зону. Если владелец не берет трубку, устройство отправляет тревожное сообщение по SMS.

Заключение

На базе разработанного устройства дистанционного контроля и управления «Оптима-3» можно реализовать систему домашней автоматизации с набором наиболее востребованных опций. Как видно из приведенного выше функционала, помимо обеспечения высокой надежности системы, контроллер также снабжен всеми современными возможностями дистанционного управления. Конкурентным преимуществом является возможность управления, настройки и масштабирования системы домашней автоматизации на базе предложенного устройства потребителем, не обладающим профессиональными навыками.

Список литературы

1. Miorandi D., Sicari S., Pellegrini F. De, Chlamtac I. Internet of things: vision, applications and research challenges. Ad hoc Networks. 2012. No. 10 (7). P. 1497–1516.

2. Ковалевский Ю. Интернет вещей: от концепции к реальности // Электроника: НТБ. 2017. № 1. С. 135–138.

3. Ицкович Э.Л. Особенности современных промышленных контроллеров // Автоматизация в промышленности. 2014. № 4. С. 3–8.

4. Столяров Ю.С. Отечественная автоматика IoTA Controls: на стыке Интернета вещей и традиционной АСУТП // Автоматизация в промышленности. 2017. № 6. С. 25–29.

5. Салкин Д.А., Душутин С.С. Возможности интеграции дополнительных сервисов по обслуживанию технических систем жилого объекта в информационную систему ЖКХ // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 2. С. 83–89.

6. GSM-управление, GSM-сигнализация, GSM-термостат для дома и дачи // Сайт компании «АВЕРТ» [Электронный ресурс]. URL: http://averts.ru/categories/dly-doma-i-dachi (дата обращения: 17.08.2018).

7. Тепломонитор. Сервис удаленного мониторинга // Сайт web-платформы «Тепломонитор» [Электронный ресурс]. URL: http://teplomonitor.ru (дата обращения: 17.08.2018).

8. Krishna P. Gopi., Ravi K. Sreenivasa, Kumar V.S., Sailendra S., Kumar M.V., Sai S.N. Implementation of MQTT protocol on low resourced embedded network. International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2017. Vol. 116. No. 6. P. 161–166. URL: http://www.ijpam.eu (дата обращения: 17.08.2018).

УДК 004.832.3

ВЫВОД СЛЕДСТВИЙ С ПОСТРОЕНИЕМ СХЕМЫ ВЫВОДА ИЗ НОВЫХ ФАКТОВ ПРИ НЕ ПОЛНОСТЬЮ ОПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЕ ЗНАНИЙ

Симонов А.И., Страбыкин Д.А.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: asimonov215@gmail.com

В статье предложен метод вывода следствий с формированием описания схемы вывода (ориентированного графа) в исчислении предикатов первого порядка из новых фактов в условиях неполной информации. Метод позволяет сформировать наглядное объяснение хода рассуждений и ответить на вопрос: «Какие следствия (выводимые факты) могут быть получены при имеющемся наборе исходных посылок (базе знаний) в изменившихся обстоятельствах внешней среды, характеризуемых новыми поступившими фактами, и какие дополнительные факты могут потребоваться для получения этих следствий?» Задачи подобного рода возникают в таких областях человеческой деятельности, как прогнозирование, мониторинг, диагностика, формальная верификация, и других. Работа содержит: формальную постановку задачи, формальное описание схемы логического вывода следствий в исчислении предикатов, алгоритм преобразования исходных посылок в дизъюнкты с параметрами, операцию обобщенного деления дизъюнкта, процедуры частичного и полного деления дизъюнктов, процедуру вывода и метод вывода. Метод обладает многоуровневым параллелизмом, использует дизъюнкты Хорна и операцию деления дизъюнктов. Применение метода показано на примере задачи о родственных связях с построением схемы вывода (полное решение приводится в отдельной статье, указанной в списке литературы).

Ключевые слова: вывод следствий, схема логического вывода, исчисление предикатов первого порядка, абдуктивные следствия, не полностью определенная база знаний, дополнительные факты, дизъюнкты Хорна, деление дизъюнктов

CONSEQUENCES INFERENCE METHOD WITH CONSTRUCTION THE SCHEME FROM NEW FACTS IN CASE OF AN INCOMPLETE KNOWLEDGE BASE

Simonov A.I., Strabykin D.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Kirov, e-mail: asimonov215@gmail.com

The article proposes a method of the consequences inference with the formation of a description of the inference scheme (oriented graph) in the first-order predicate calculus from new facts in the conditions of incomplete information. The method allows to form a visual explanation of the reasoning process and answer the question: “What consequences (deduced facts) can be obtained with the available set of initial premises (knowledge base) in changed circumstances of the external environment, characterized by the new received facts, and what additional facts may be required to obtain these consequences?”. Problems of this kind arise in such areas of human activity as prediction, monitoring, diagnostics, formal verification, and others. The study contains: a formal problem description, a formal description of the inference scheme of consequences in the predicate calculus, a translation algorithm of the initial clauses to the clauses with parameters, an operation of generalized clause division, the procedures for partial and complete division of clauses, an inference procedure and the method. The method has multilevel parallelism, uses Horn clauses and an operation of the clauses division. An application of the method is shown in an example of the problem of kinship with the construction of the inference scheme (a complete solution is give in a separate article listed in the references).

Keywords: consequences inference, inference scheme, first-order predicate calculus, abductive consequences, incomplete knowledge base, additional facts, Horn clauses, division of clauses

Для решения многих задач, традиционно считающихся творческими, используются интеллектуальные системы (ИС) [1, 2]. Опыт в таких системах хранится в виде базы знаний (БЗ), часто основанной на логической модели представления знаний [3]. В ней содержатся данные (факты), характеризующие объект (явление, событие) предметной области и отношения (правила), задающие связи между ними.

Одной из задач, для решения которых целесообразно применение ИС, является прогнозирование [4]. Процесс прогнозирования включает в себя сопоставление ожидаемого и наблюдаемого поведения объекта. Объект наблюдения в ходе своего развития переходит в новые состояния, каждое из которых может быть описано новыми фактами, поступающими в ИС. ИС на основе знаний о предметной области и объекте наблюдения, хранящихся в БЗ, а также новых поступивших фактов строит прогноз его дальнейшего возможного развития.

Составление прогноза с использованием дедуктивного вывода на определенном шаге может оказаться неуспешным по причине не полностью определенной БЗ, в которой отсутствуют некоторые факты. В таких условиях могут быть использованы правдоподобные рассуждения [3, 5, 6], в частности абдуктивный вывод [3, 7]. В статье [8] предложен метод вывода, который может

быть использован для определения последующих возможных состояний объекта наблюдения из его текущего состояния. Однако, поскольку работа метода заключается в получении только уникальных следствий, то модель объекта не отражает возможность его перехода в предыдущие состояния. Вместе с этим формирование новых абдуктивных следствий осуществляется только при отсутствии новых дедуктивных, что приводит к потере возможных абдуктивных путей дальнейшего развития объекта. А отсутствие возможности задания глубины вывода не позволяет получить прогноз с требуемым периодом упреждения.

В случаях, когда необходимо представить в БЗ описание сложного объекта и его предметной области, или принимать решения в кратчайшие сроки на основе результатов вывода, требуется более наглядное объяснение хода рассуждений. Такое объяснение может быть получено с помощью схемы вывода.

Цель исследования: разработать метод логического вывода, решающий следующую задачу: при исходных посылках для новых фактов определить множества следствий, дополнительных фактов и описание схемы вывода, при этом множество исходных посылок, новых и дополнительных фактов непротиворечиво.

Формальная постановка задачи

Даны исходные непротиворечивые посылки $M = \{F_1, \ldots, F_A, D_1, \ldots, D_I\} = M^F \cup M^D$ и множество новых фактов $M^N = \{N_1, \ldots, N_B\}$, где M^F – множество дизъюнктов-фактов; M^D – множество дизъюнктов-правил. Задача формулируется следующим образом.

1. Определить семейства множеств дедуктивных $s^H = \{e_0, e_1, \ldots, e_h, \ldots, e_H\}$ и абдуктивных $\pi^H = \{e'_1, \ldots, e'_h, \ldots, e'_H\}$ следствий, дополнительных фактов $\varphi^H = \{f_1, \ldots, f_h, \ldots, f_H\}$. Сформировать общие множества следствий $M^E = e_0 \cup e_1 \cup \ldots \cup e_H \cup e'_1 \cup \ldots \cup e'_H$ и дополнительных фактов $M^G = f_1 \cup \ldots \cup f_H$, при этом $M \cup M^N \cup M^G$ совместно.

Множества следствий выводятся по формулам: $e_0 = M^F \cap M^N$; $M^N, M \Rightarrow e_1$; $M^N, M, f_1 \Rightarrow e'_1$; $M^N, (c_h \cup c'_h), M, g_h \Rightarrow e_{h+1}$; $M^N, (c_h \cup c'_h), M, g_{h+1} \Rightarrow e'_{h+1}$. Здесь $h = 1, \ldots, H-1$ – шаг вывода; $c_h = c_{h-1} \cup e_h$ $(c_0 = e_0)$ – полученные дедуктивные следствия; $c'_h = c'_{h-1} \cup e'_h$ $(c'_0 = \varnothing)$ – полученные абдуктивные следствия; $g_h = g_{h-1} \cup f_h$, $g_{h+1} = g_h \cup f_{h+1}$ $(g_0 = \varnothing)$ – полученные дополнительные факты.

2. Сформировать описание схемы вывода $O = \{z_1, \ldots, z_h, \ldots, z_H\} \cup \{e^+\}$, где $e^+ \subseteq M^E$ – множество конечных следствий, из которых не выводятся новые следствия.

Материалы и методы исследования

Знания представлены в исчислении предикатов первого порядка. Факты, следствия – положительные литералы без аргументов-переменных. Правила – определенные хрововские дизъюнкты. Методы исследования основаны на обобщении результатов, полученных при построении процедур логического вывода следствий для знаний, представленных в исчислении высказываний.

Результаты исследования и их обсуждение

Описание схемы логического вывода следствий. Схема вывода – ориентированный граф, в котором вершины – секвенции, дуги – литералы. Введем обозначения: A – множество номеров исходных фактов; B – множество номеров новых фактов; C – множество имен литералов; I – множество номеров секвенций-правил; Λ – множество унифицирующих подстановок. Описание схемы $S = \{L[\lambda_j j, \lambda_t k], L[\lambda_j j, +], L[+, \lambda_t k], L[n, \lambda_t k], L[u, \lambda_t k] \mid L \in C; \lambda_j, \lambda_t \in \Lambda; j, k \in I\}$, где j – номер секвенции, из вершины которой на схеме выходит, а k – номер секвенции, в вершину которой входит дуга, помеченная литералом L; « + » – символ вспомогательной переменной, определенной на I; n – символ нового факта; u – символ исходного факта. В описании схемы используются только положительные литералы.

Секвенции преобразуются в дизъюнкты следующим образом.

1. Литералы переносятся из левой части секвенции в правую.

2. Консеквенту назначается имя дизъюнкта в зависимости от вида секвенции (исходный факт F_a, новый факт N_b, исходное правило D_i, где $a \in A$, $b \in B$, $i \in I$).

3. Литералам присваиваются параметры: $L = L[u, +]$ (F_a); $L = L[n, +]$ (N_b); $\neg L = L[+, i]$, $L = L[i, +]$ (D_i). Изначально $\lambda = \theta$, где θ – пустая подстановка, символ которой может быть опущен.

Например, секвенция-правило $L_1 \,\&\, L_2 \to L_3$ преобразуется следующим образом: 1) $1 \to L_3 \vee \neg L_1 \vee \neg L_2$; 2) $D_i = L_3 \vee \neg L_1 \vee \neg L_2$; 3) $D_i = L_3[i, +] \vee L_1[+, i] \vee L_2[+, i]$. Способ представления дизъюнкта D_i на схеме вывода приведен на рис. 1, а.

Дуга, соединяющая на схеме вывода выход вершины $\lambda_j j$ с входом вершины $\lambda_t k$, помечается $L[\lambda_j j, \lambda_t k]$, который получается в результате «склеивания» $L[\lambda_j j, +]$ и $L[+, \lambda_t k]$ (рис. 1, б). Склеивание – преобразование одноименных $L[+, k]$, $L^*[j, +]$ в $L[\lambda j, \lambda k]$ вследствие применения λ. При построении схемы вершины с номерами $\lambda_a k$ и $\lambda_b k$ считаются различными, если $\lambda_a \neq \lambda_b$. Кроме того дуга $L[\lambda_j j, \lambda_a k]$ соединяется с вершиной $\lambda_b k$, если $\lambda_a \subseteq \lambda_b$.

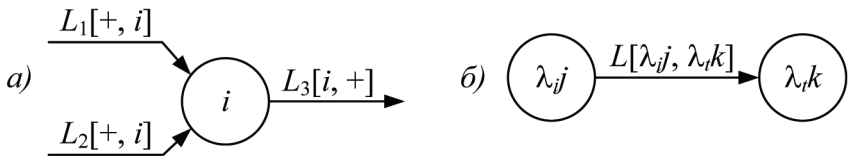


Рис. 1. Способ представления на схеме вывода: а) дизъюнкта D_i, б) литерала $L[\lambda_i j, \lambda_t k]$

Для осуществления логического вывода используется специальная операция обобщенного деления дизъюнкта.

Обобщенное деление дизъюнкта. Операцию обобщенного деления дизъюнкта b', содержащего $L^a \in b^a$, на L^*, результатом которой является частное a и остаток b'_1, можно записать как $b'[L^a] \% L^* = \langle a, b'_1 \rangle$, где $b' = \langle b^a, b^c, \beta \rangle$ – дизъюнкт-делимое содержащий подстановку β, с помощью которой был получен антецедент b^a и консеквент b^c остатка-делимого; a – множество литералов, образующихся при склеивании L^a и L^*; $b'_1 = \langle b^a{}_1, b^c{}_1, \beta_1 \rangle$ – результирующий остаток, состоящий из антецедента $b^a{}_1$ и консеквента $b^c{}_1$ нового остатка-делимого и соответствующей ему подстановки $\beta_1 = \beta \cup \lambda$.

Введем операцию объединения со склеиванием $\cup$. Ее результат – множество литералов, полученных объединением множеств и склеиванием. Например, $\{A(a, b)[1, +], P(a, c)[5, +]\} \cup \{A(a, b)[1, 3]\} = \{A(a, b)[1, 3], P(a, c)[5, +]\}$.

Остаток b'_1 определяется по следующим правилам:

1) если $a = \varnothing$, то $b^a{}_\downarrow = 1$, $\beta_1 = \theta$, $b^c{}_\downarrow = 1$;

2) если $a \neq \varnothing$ и $(\tilde{b}^a \cup a) - a = \tilde{b}^a_1 = \varnothing$, то $b^a{}_1 = 0$, $\beta_1 = \beta \cup \lambda$, $b^c{}_1 = \beta_1 b^c$;

3) если $a \neq \varnothing$ и $(\tilde{b}^a \cup a) - a = \tilde{b}^a_1 \neq \varnothing$, то $b^a{}_1 = L_1 \vee \ldots \vee L_s \vee \ldots \vee L_S$, $\beta_1 = \beta \cup \lambda$, $b^c{}_1 = \beta_1 b^c$, где $L_s \in \tilde{b}^a_1$.

Например, если $b' = \langle P(x, y)[+, 1], O(y, x)[1, +], \theta \rangle$, $L^* = P(b, a)[2, +]$, то $b'[P(x, y)[+, 1]] \% L^* = \langle a, b'_1 \rangle$, где $a = \{P(b, a)[2, \{b/x, a/y\}1]\}$, $\lambda = \{b/x, a/y\}$, $\lambda P(x, y)[+, 1] \vee P(b, a)[2, +] = P(b, a)[2, \{b/x, a/y\}1]$, $b'_1 = \langle b^a{}_1, b^c{}_1, \beta_1 \rangle$. $b^a{}_1 = 0$, $b^c{}_1 = \beta_1 b^c = O(a, b)[1, +]$, $\beta_1 = \beta \cup \lambda = \theta \cup \{b/x, a/y\} = \{b/x, a/y\}$, $\langle P(x, y)[+, 1], O(y, x)[1, +], \theta \rangle \% P(b, a)[2, +] = \langle \{P(b, a)[2, \{b/x, a/y\}1]\}, \langle 0, O(a, b)[1, +], \{b/x, a/y\} \rangle \rangle$.

Процедура частичного деления. Опишем процедуру $\omega = \langle b', d, q, n, s, x \rangle$: d – остаток-делитель; q – признак возможности деления («0» – есть, «1» – нет, «2» – пустой остаток-делитель); $n = \{\langle b'_t, d_t \rangle \mid t = 1, \ldots, T\}$ – множество новых пар остатков; s – множество дедуктивных следствий; x – множество литералов описания схемы вывода.

Определим «производную» дизъюнкта $b'[L^a]$, содержащего $L^a \in b^a$, по L^*, через операцию обобщенного деления:

$$\frac{\partial b'[L^a]}{\partial L^*} = \begin{cases} 1, \text{если } b^a_1 = 1 \\ \langle a, b'_1 \rangle, \text{если } b^a_1 \neq 1 \end{cases}.$$

Определим матрицу «производных» дизъюнкта b' по дизъюнкту d:

$$\boldsymbol{\mu}[b', d] = \left[\frac{\partial b'[L^a_j]}{\partial L^*_k} \right] = \left[\Delta_{kj} \right],$$

где $j = 1, \ldots, J$ и $k = 1, \ldots, K$, причем J – число литералов в дизъюнкте b^a, а K – в дизъюнкте d.

В процедуре выполняются следующие действия.

1. Вычисляется $\mu[b', d], s = \varnothing, x = \varnothing$. Если все $\Delta_{kj} = 1$, то $q = 1$, $n = \{\langle b'_1, 0 \rangle \mid b'_1 = b'\}$, п. 5 (пункт 5), иначе $q = 0$.

2. $L[\beta_{kj} i, +]$ является дедуктивным следствием и включаются в s, если Δ_{kj} содержит $b^a{}_{kj} = 0$ и $L[i, +] \in b^c{}_{kj}$ без аргументов-переменных.

3. В $n = \{\langle b'_t, d_t \rangle \mid t = 1, \ldots, T\}$ включаются только пары, в которых $b^a{}_t \neq 0$. Если $n = \varnothing$, то $q = 1$, п. 4, иначе для b'_t вычисляется $d_t = d \div w_t$, где w_t – дизъюнкт, содержащий исключаемые литералы. Из d исключаются L^*_k, для которых выполняется одно из условий: а) $\Delta_{kj} = 1$, где $j = 1, \ldots, J$; б) $\Delta_{ki} = 1$, где $j = 1, \ldots, u, \ldots, J$, причем $\Delta_{ku} = \langle a, b'_t \rangle$. Если n содержит хотя бы один $d_t = 0$, то $q = 2$.

4. Определяется $x = \bigcup_{k=1}^{K} \bigcup_{j=1}^{J} a_{kj}$.

5. Фиксируются результаты выполнения процедуры.

Процедура полного деления. Опишем процедуру $\Omega = \langle D', d, u, Q, S, X, Y \rangle$: $D' = \langle D^a, D^c, \theta \rangle$ – дизъюнкт посылки; d – выводимый дизъюнкт; u – вспомогательное множество, состоящее из ранее полученных фактов и следствий; Q – признак решения («0» – есть, «1» – нет); S – множество дедуктивных следствий; X – множество литералов описания схемы вывода; Y – множество конечных остатков. Остаток-делимое называется конечным, если он не имеет аргументов-переменных и его деление невозможно.

Введем операцию левоориентированного пересечения (объединения) множеств $\overleftarrow{\cap}$ ($\overleftarrow{\cup}$). Ее результат – множество литералов, полученных пересечением (объединением) множеств и имеющих параметры одноименных литералов левого операнда. Например, $\{A(a, b)[1, +], P(a, c)[5, +]\} \overleftarrow{\cap} \{B(a, b)[2, +], P(a, c)[7, +]\} = \{P(a, c)[5, +]\}$, $\{A(a, b)[1, +], P(a, c)[5, +]\} \overleftarrow{\cup} \{B(a, b)[2, +], P(a, c)[7, +]\} = \{A(a, b)[1, +], B(a, b)[2, +], P(a, c)[5, +]\}$.

В процедуре используется индексная функция $i(h)$ [4, 9] и выполняются следующие действия.

1. Выполняется $\omega = \langle D', d, q, n^*, s, x\rangle$. Если $q = 1$, то $S = s$, $X = x$, п. 3. Если $q \neq 1$, то сформированы новые пары остатков $n^* = \{\langle b'_t, d^*_t\rangle \mid t = 1, \ldots, T\}$. Образуется d_t из $\tilde{d}_t = \tilde{d}^*_t \overleftarrow{\cup} u$. В n'_0 включаются новые пары остатков $\langle b'_t, d_t\rangle$ такие, что $d_t \neq 0$. Если $n'_0 = \varnothing$, то $S = s$, $X = x$, п. 3, иначе $h = 0$, $S_0 = s$, $X_0 = x$.

2. Для каждой пары из $n'_h = \{\langle b'_{i(h+1)}, d_{i(h+1)}\rangle\}$, выполняется $\omega_{i(h+1)} = \langle b'_{i(h+1)}, d_{i(h+1)}, q_{i(h+1)}, n_{i(h+1)}, s_{i(h+1)}, x_{i(h+1)}\rangle$, где $i(h+1) = i(h).t_{i(h)}$, $t_{i(h)} = 1, \ldots, T_{i(h)}$. Пополняются

$$S_{h+1} = S_h \cup \bigcup_{v=1}^{V} s_{i(h).v} \text{ и } X_{h+1} = X_h \cup \bigcup_{v=1}^{V} x_{i(h).v},$$

где $v = t_{i(h)}$, $V = T_{i(h)}$. В n'_{h+1} включаются новые $\langle b'_{i(h+2)}, d_{i(h+2)}\rangle$ такие, что $d_{i(h+2)} \neq 0$. Если $n'_{h+1} = \varnothing$, то $S = S_{h+1}$, $X = X_{h+1}$, п. 3, иначе $h = h + 1$, п. 2.

3. Выбираются конечные остатки из новых остатков-делимых $Y = \{y_1, \ldots, y_a, \ldots, y_A\}$, $y_a = L_1[\beta i, +] \vee L_2[+, \beta i] \vee \ldots \vee L_J[+, \beta i]$. Если $S = \varnothing$ и $Y = \varnothing$, то $Q = 1$, $X = \varnothing$, п. 4, иначе $Q = 0$ и в X сохраняются такие литералы, которые удовлетворяют условию: для каждого $L[r, \beta_c n] \in X$ существует $L^+[\beta_m n, +] \in S$ или $L^+[\beta_m n, +] \in y_a$ такой, что $\beta_c \subseteq \beta_m$ (здесь r – произвольный параметр). Если условие не выполняется, то $L[r, \beta_c n]$ исключается.

Из X исключаются поглощаемые $L[r, \beta_c n] \subseteq L[r, \beta_m n]$, когда $\beta_c \subseteq \beta_m$. В X добавляются $L_j[+, \beta i]$ из y_a.

4. Фиксируются результаты выполнения процедуры.

Процедура вывода следствий. Перед выполнением метода задается максимальное число абдуктивных следствий на шаге вывода $n_{\max} = \delta$. Чем меньше $n_{\max}$, тем меньше логический вывод отличается от дедуктивного ($n_{\max} = 0$). В то же время, чем больше $n_{\max}$, тем больше будет получено следствий.

Опишем процедуру $\psi_h = \langle M^D, R, u, o, p, R_1, f, z, n_{\max}\rangle$: M^D – множество исходных дизъюнктов-правил $D'_i = \langle D^a_i, D^c_i, \theta\rangle$, $D^a_i = L_1[+, i] \vee \ldots \vee L_J[+, i]$, $D^c_i = L[i, +]$; $R = L_1[r, +] \vee \ldots \vee L_K[r, +]$ – выводимый дизъюнкт; $o = \langle e, e'\rangle$ – пара дедуктивных e и абдуктивных e' следствий; p – признак возможности вывода («0» – есть, «1» – нет); R_1 – новый выводимый дизъюнкт; f – множество дополнительных фактов; z – множество литералов описания схемы.

Процедура применима, если $M^D \neq \varnothing$ и J_i, $K \geq 1$, иначе $p = 1$, $e = e' = f = z = \varnothing$, $R_1 = 0$, п. 4.

1. Выполняются $\Omega_v = \langle D'_i, R, u, Q_v, S_v, X_v, Y_v\rangle$, где $v = 1, \ldots, V$. Если все $Q_v = 1$, то $p = 1$, $e = e' = f = z = \varnothing$, $R_1 = 0$, п. 4, иначе $p = 0$.

2. Формируется $e = \bigcup_{v=1}^{V} S_v$. В e' включаются не более $n_{\max}$ $L[\beta i, +]$ из Y_v. B f включаются $L[+, \beta i]$ из Y_v, если существует $L^+[\beta i, +] \in e'$.

3. В z включаются $L[r, \beta_c i]$ из X_v для которых существует $L[\beta_m i, +]$ в $e \cup e'$, где $\beta_c \subseteq \beta_m$. Формируется R_1 из $e \cup e'$.

4. Фиксируются результаты выполнения процедуры.

Метод логического вывода следствий. В методе выполняется ψ-процедура на каждом шаге h. Вывод завершается, если $p = 1$ или достигнуто заданное максимальное число шагов ($h = H = \gamma$). Исходные литералы имеют вид: $L[u, +]$ для фактов базы; $L[n, +]$ для новых фактов; $L[\beta i_h, +]$, $L[+, \beta i_h]$ для правил.

В методе выполняются следующие действия.

1. Определяются начальные значения: $h = 1$, $M^D \neq \varnothing$, $M^N \neq \varnothing$, $H = \gamma$, $n_{\max} = \delta$. Формируется выводимый дизъюнкт R_1 из M^N. Определяются начальные множества: $e_0 = M^F \overleftarrow{\cap} M^N$, $s^0 = \{e_0\}$, $c_1 = e_0$, $\pi^0 = \varnothing$, $c'_1 = \varnothing$, $\varphi^0 = \varnothing$, $g_1 = \varnothing$, $\eta^0 = \varnothing$, $u_1 = M^F$.

2. Выполняется $\psi_h = \langle M^D, R_h, u_h, o_h, p_h, R_{h+1}, f_h, z_h, \delta\rangle$.

3. Пополняются семейства множеств дедуктивных $s^h = s^{h-1} \cup \{e_h\}$ и абдуктивных $\pi^h = \pi^{h-1} \cup \{e'_h\}$ следствий, дополнительных фактов $\varphi^h = \varphi^{h-1} \cup \{f_h\}$, описания схемы вывода $\eta^h = \eta^{h-1} \cup \{z_h\}$. Если $p_h = 0$ и $h \neq H$, то вывод продолжается, $h = h + 1$, п. 4, иначе – завершается, п. 5.

4. Определяются множества дедуктивных $c_h = c_{h-1} \cup e_{h-1}$ и абдуктивных $c'_h = c'_{h-1} \cup e'_{h-1}$ следствий, дополнительных фактов $g_h = g_{h-1} \cup f_{h-1}$, $u_h = M^F \cup M^N \cup c_{h-1} \cup c'_{h-1} \cup g_h$. При этом u_h содержит только $L[u, +]$: в c_h, c'_h, g_h включаются $L[u, +]$, полученные из $L[\beta i, +]$, $L[+, \beta i]$; в u_h включаются $L[u, +]$, полученные из $L[n, +]$ M^N. Переход к п. 2.

5. Формируются общее множество следствий $M^E = e_0 \cup e_1 \cup \ldots \cup e_H \cup e'_1 \cup \ldots \cup e'_H$, общее множество дополнительных фактов $M^G = f_1 \cup \ldots \cup f_H$, описание схемы вывода следствий $O = \eta^H \cup \{e^+\}$, где $e^+ = (Z \overleftarrow{\cup} M^E) - Z$, $Z = z_1 \cup \ldots \cup z_H$.

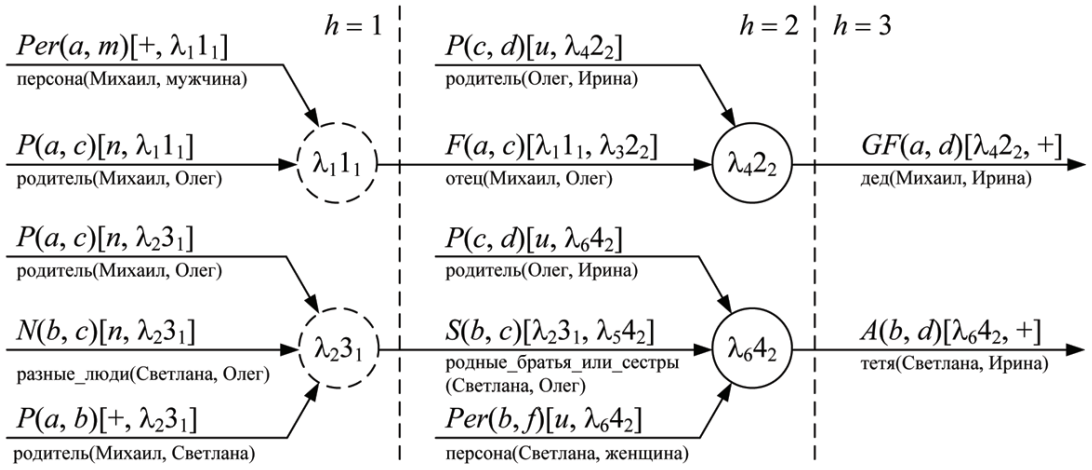


Рис. 2. Схема логического вывода следствий

Построение схемы осуществляется в соответствии с шагами вывода. Вершины, из которых выходят дуги дедуктивных (абдуктивных) следствий, помечаются сплошной (пунктирной) линией. Расположенные на схеме вывода дуги фактов и конечных следствий не имеют исходных и заключительных вершин соответственно.

Применение метода к двум задачам приведено в [9].

Пример. Рассмотрим задачу о родственных связях [10]: отец (F) – персона (Per), родитель (P) мужского пола (m); дед (GF) – отец родителя; родные братья или сестры (S) – две различных (N) персоны с общим родителем; тетя (A) – персона, родная сестра родителя. Известно: Олег (c) – родитель Ирины (d); Светлана (b) – женщина (f). Новые факты: Олег – ребенок Михаила (a); Олег и Светлана – разные люди.

Формальное описание задачи: $F_1 = P(c, d)[u, +]$, $F_2 = Per(b, f)[u, +]$, $D_1 = F(x, y)[1, +] \vee Per(x, m)[+, 1] \vee P(x, y)[+, 1]$, $D_2 = GF(x, y)[2, +] \vee F(x, z)[+, 2] \vee P(z, y)[+, 2]$, $D_3 = S(x, y)[3, +] \vee P(z, x)[+, 3] \vee P(z, y)[+, 3] \vee N(x, y)[+, 3]$, $D_4 = A(x, y)[4, +] \vee Per(x, f)[+, 4] \vee P(z, y)[+, 4] \vee S(x, z)[+, 4]$, $N_1 = P(a, c)[n, +]$, $N_2 = N(b, c)[n, +]$.

В результате получено описание $O = \{\{P(a, c)[n, \lambda_1 1_1], Per(a, m)[+, \lambda_1 1_1], N(b, c)[n, \lambda_2 3_1], P(a, c)[n, \lambda_2 3_1], P(a, b)[+, \lambda_2 3_1]\}, \{F(a, c)[\lambda_1 1_1, \lambda_3 2_2], P(c, d)[u, \lambda_4 2_2], S(b, c)[\lambda_2 3_1, \lambda_5 4_2], P(c, d)[u, \lambda_6 4_2], Per(b, f)[u, \lambda_6 4_2]\}, \{GF(a, d)[\lambda_4 2_2, +], A(b, d)[\lambda_6 4_2, +]\}\}$ (рис. 2). Здесь $\lambda_1 = \{a/x, c/y\}$, $\lambda_2 = \{a/z, c/y, b/x\}$, $\lambda_3 = \{a/x, c/z\}$, $\lambda_4 = \{a/x, c/z, d/y\}$, $\lambda_5 = \{b/x, c/z\}$, $\lambda_6 = \{b/x, c/z, d/y\}$, при этом $\lambda_3 \subseteq \lambda_4$, $\lambda_5 \subseteq \lambda_6$.

Установлено, что (в случае, когда Михаил – мужчина $Per(a, m)[+, \lambda_1 1_1]$ и родитель Светланы $P(a, b)[+, \lambda_2 3_1]$) Михаил – отец Олега ($F(a, c)[\lambda_1 1_1, +]$), Олег и Светлана – родные брат и сестра ($S(b, c)[\lambda_2 3_1, +]$), Михаил – дедушка Ирины ($GF(a, d)[\lambda_4 2_2, +]$), Светлана – тетя Ирины ($A(b, d)[\lambda_6 4_2, +]$).

Заключение

В работе предложен метод вывода следствий (дедуктивных и абдуктивных) с формированием описания схемы вывода в условиях неполной информации, обладающий следующими особенностями:

1) параллелизм при унификации литералов, формировании остатков и делении дизъюнктов;

2) независимый вывод всех следствий (дедуктивных и абдуктивных) на шаге, позволяющий сформировать все возможные пути дальнейшего развития объекта;

3) возможность перехода модели объекта в предыдущие состояния;

4) задание глубины вывода, позволяющее получать прогноз с требуемым периодом упреждения;

5) формирование описания схемы вывода, используемой в дальнейшем в качестве схемы прогнозирования для наглядного представления возможного развития объекта.

Особенности метода являются следствием его направленности на применение в задаче логического прогнозирования развития ситуаций из текущего состояния. Присущий методу многоуровневый параллелизм позволяет достаточно эффективно реализовать его в составе ИС на параллельных вычислительных платформах.

Список литературы

1. Кузнецов О.П. Интеллектуализация поддержки управляющих решений и создание интеллектуальных систем // Проблемы управления. 2009. № 3.1. С. 64–72.

2. Носов А.Л. Информационные системы искусственного интеллекта принятия оптимальных решений в экономике // Russian Journal of Management. 2016. Т. 4, № 2. С. 197–203.

3. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А. и др. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / Под ред. В.Н. Вагина, Д.А. Поспелова. 2-е изд., испр. и доп. М.: Физматлит, 2008. 712 с.

4. Страбыкин Д.А. Логическое прогнозирование развития ситуаций в интеллектуальных системах на основе дедуктивного вывода: монография. Киров: ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2014. 182 с.

5. Финн В.К. Индуктивные методы Д.С. Милля в системах искусственного интеллекта. Часть I // Искусственный интеллект и принятие решений. 2010. № 3. С. 3–21.

6. Mohammadhassanzadeh H., Van Woensel W., Abidi S.R., Abidi S.S.R. Semantics-based plausible reasoning to extend the knowledge coverage of medical knowledge bases for improved clinical decision support. BioData Mining. 2017. vol. 10. no. 1. P. 1–33.

7. Вагин В.Н., Хотимчук К.Ю. Абдукция в задачах планирования работ в сложных объектах // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. № 1. С. 3–13.

8. Долженкова М.Л., Страбыкин Д.А. Вывод следствий в исчислении предикатов из новых фактов на основе не полностью определенной базы знаний // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 11–1. С. 26–30.

9. Simonov A.I. Consequences Inference Method with Construction the Scheme from New Facts in Case of an Incomplete Knowledge Base in Predicate Calculus (Examples). DOI: 10.5281/zenodo.1198918.

10. Чери С., Готлоб Г., Танка Л. Логическое программирование и базы данных / Пер. с англ. под ред. Л.А. Калиниченко. М.: Мир, 1992. 352 с.

УДК 666.7

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ШИХТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ

Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru

В данной статье представлены результаты разработки состава шихты для получения термостойкой керамики на основе малопластичной глины с добавлением 10 мас. % оксида церия и 5 мас. % борной кислоты в качестве функциональных добавок. Установлено, что при совместном введении рассматриваемых добавок наблюдаются эффекты самоглазурования на поверхности и остекловывания частиц керамики в объеме изделий. Данные эффекты получены в результате того, что борная кислота, являясь сильным плавнем, образует стекловидную фазу и снижает температуру жидкофазного спекания керамики. Данная стекловидная фаза на основе боросиликатов включает в себя оксид церия, а также оксиды кремния, алюминия, кальция и магния, которые отличаются высокими температурами плавления, химической стойкостью и термостойкостью. Эта стекловидная фаза представлена в структуре материала в виде слоев между частицами керамики и образует с ними единый каркас с низким термическим коэффициентом линейного расширения, что способствует уплотнению, снижению открытой пористости, повышению прочностных характеристик и термостойкости материала. Преимущества применения оксида церия заключаются в снижении разницы между значениями термических коэффициентов линейного расширения между аморфными и кристаллическими фазами в материале, а также в способности данного вещества выступать в роли катализатора окисления углеводородов и сажи при нагревании. Полученные результаты позволяют использовать получаемую керамику для футеровки тепловых агрегатов и дымовых каналов, эксплуатируемых при высоких температурах и в агрессивных средах, с получением самоочищающихся без остановки тепловых агрегатов стенок.

Ключевые слова: термостойкая керамика, малопластичная глина, борная кислота, оксид церия, самоглазурование, термический коэффициент линейного расширения

DEVELOPMENT OF A BATCH COMPOSITION TO OBTAIN A HEAT-RESISTANT CERAMIC

Torlova A.S., Vitkalova I.A., Pikalov E.S., Selivanov O.G.

Federal Educational Institution of Higher Education Vladimir State University of a name of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs, Vladimir, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru

This article presents the results of the development of a batch composition to obtain a heat-resistant ceramic based on low-plastic clay with the addition of 10 wt. % cerium oxide and 5 wt. % boric acid as functional additives. It was found that the joint introduction of the additives in question observed the effects of self-glazing on the surface and glazing of ceramic particles in the volume of products. These effects are obtained as a result of the fact that boric acid, being a strong smooth, forms a vitreous phase and reduces the temperature of liquid-phase sintering of ceramics. The resulting vitreous phase on the basis of borosilicates includes cerium oxide, as well as oxides of silicon, aluminum, calcium and magnesium, which are characterized by high melting temperatures, chemical resistance and heat-resistance. This vitreous phase is represented in the structure of the material in the form of layers between the ceramic particles and forms a single frame with them with a low thermal coefficient of linear expansion, which contributes to the compaction, reducing open porosity, increasing the strength characteristics and heat-resistance of the material. The advantages of using cerium oxide are to reduce the difference between the thermal coefficients of linear expansion between the amorphous and crystalline phases in the material, as well as the ability of the substance to act as a catalyst for the oxidation of hydrocarbons and soot when heated. The results obtained allow to use the resulting ceramics for lining of thermal units and flue channels operated at high temperatures and in aggressive environments, to obtain self-cleaning without stopping the thermal units of the walls.

Keywords: heat-resistant ceramics, low-plastic clay, boric acid, cerium oxide, self-glazing effect, thermal coefficient of linear expansion

Термостойкая керамика характеризуется прочностью, твердостью, химической стойкостью и в первую очередь способностью без разрушения и с сохранением значений эксплуатационных свойств выдерживать напряжения, возникающие в материале при резких перепадах температур во время многократного нагрева до высоких температур с последующим охлаждением. Изделия из термостойкой керамики используют при футеровке печей и топок, в производстве различного рода огнеприпаса, изоляторов в электронагревательных устройствах и при изготовлении пьезоэлектрических датчиков. В последнее время термостойкая керамика начинает всё более широко использоваться в производстве изделий для различных отраслей машиностроения, в том числе для двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин, в станкостроении, электронике, энергетике, авиационной и авиакосмической промышленности [1–3]. Наряду с перечисленными областями применения изделия из термостойкой керамики используются и в бытовой сфере как для футеровки тепловых установок (духовок,

каминов и т.д.), так и для изготовления кухонной утвари (кофеварки, жаровни для тушения, сковородки и др.) [4, 5].

По своему составу термостойкая керамика в основном относится к оксидной (на основе чистых оксидов), безоксидной (на основе карбидов, нитридов, боридов и силицидов) или силикатной и алюмосиликатной керамике на основе соединений, содержащих такие металлы, как алюминий, литий, цирконий, бериллий, титан, магний, иттрий и др. [1, 2, 6]. В качестве сырья для получения термостойкой керамики в основном используют оксидные и бескислородные соединения указанных металлов, а также различное кремнеземистое сырье. Природное глинистое сырье в качестве основного компонента для получения термостойкой керамики используется редко за исключением огнеупорных глин, которые могут содержаться в составе шихт в количестве до 70 мас.% [1–3]. Применение всех перечисленных соединений в составе термостойкой керамики объясняется главным образом высокими значениями температур плавления и прочности наряду с низкими значениями термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР) [2, 4].

Для получения изделий из термостойкой керамики применяют полусухое и пластическое формование, шликерное литье и литье на термопластичных связках с последующим обжигом при температурах от 1100 до 1700 °С в зависимости от температуры спекания компонентов шихты [2, 5, 7].

Цель исследования: разработка состава шихты для получения керамики с высокими значениями прочности и термостойкости при пониженной температуре обжига. Дополнительной задачей являлось использование в качестве основного компонента шихты малопластичной глины, применение которой, с одной стороны, снижает себестоимость производства керамики, а с другой, расширяет возможности использования маловостребованного природного сырья. Низкая востребованность малопластичной глины связана с тем, что получаемые с ее использованием изделия отличаются низкими значениями прочности и трещиностойкости, поэтому для ее эффективного применения необходимо использование функциональных добавок, позволяющих повысить качество получаемой керамики.

Авторами данной работы ранее проводились разработки составов шихт на основе малопластичной глины, позволяющие получить стеновые [8, 9] и облицовочные [10], в том числе кислотоупорные [11], изделия. Повышения прочности и трещиностойкости в упомянутых работах удалось достичь за счет введения стеклообразующих добавок и плавней, которые при совместном введении [10, 11] позволили получить эффекты остекловывания частиц керамики в объеме и самоглазурования поверхности изделий. В данной работе предлагается возможность получения стекловидной фазы при пониженной температуре обжига с использованием оксида церия и борной кислоты для повышения прочности и термостойкости.

Материалы и методы исследования

Основным компонентом разрабатываемой шихты являлась глина Суворотского месторождения Владимирской области следующего состава (в мас.%): SiO_2 = 67,5; Al_2O_3 = 10,75; Fe_2O_3 = 5,85; CaO = 2,8; MgO = 1,7; K_2O = 2,4; Na_2O = 0,7. Число пластичности данной глины равняется 5,2 [9, 10], а следовательно, она относится к малопластичным по ГОСТ 9169-75. Низкая пластичность глины объясняется наличием оксидов алюминия, кальция и магния [8], которые при этом являются тугоплавкими оксидами и повышают огнеупорность глины. Кроме того, оксиды кремния и алюминия, содержащиеся в данной глине в сравнительно больших количествах, снижают ТКЛР [12], при низких значениях которого термостойкость керамики повышается [4, 5], а щелочные оксиды натрия и калия, повышающие ТКЛР [12], содержатся в минимальных количествах. Таким образом, состав глины обосновывает ее использование для получения термостойкой керамики.

Для образования стекловидной фазы и достижения эффектов самоглазурования и остекловывания в состав шихты вводились оксид церия (СТО 00203789-060-2013) с массовой долей основного вещества 99,8% и борная кислота марки В 2-го сорта (ГОСТ 18704-78) с массовой долей основного вещества 98,6%. Оксид церия был выбран в связи с его тугоплавкостью и способностью выступать в роли катализатора сажи при нагревании, что позволит использовать получаемую керамику в качестве самоочищающейся футеровки [6]. Борная кислота выбрана в связи с тем, что она является сильным плавнем, способным значительно снизить температуры образования стекловидной фазы и жидкофазного спекания [9-11].

При проведении исследований образцы разрабатываемой керамики получали по технологии полусухого прессования [8, 9]. Перед началом экспериментов глина высушивалась до постоянной массы и измельчалась для отбора фракции с размером частиц менее 0,63 мм. Затем глина, оксид церия и борная кислота перемешивались вначале в сухом состоянии, а затем с добавлением воды для получения формовочной массы с влажностью 8 мас.%. Из формовочной массы получали образцы при удельном давлении прессования, равном 15 МПа. Отформованные образцы обжигали при максимальной температуре 1050 °С. Образцы на основе исследуемых составов изготавливались сериями по три образца в каждой.

Для получения зависимостей свойств от состава шихты и оценки результатов исследования у полученных образцов по стандартным для керамических материалов методикам определяли прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$, МПа) и изгиб ($\sigma_{изг}$, МПа), термостойкость (ТС (1000 °С – вода), теплосмен), кислотостойкость (КС,%), плотность (ρ, кг/м^3) и открытую пористость ($П_{отк}$,%).

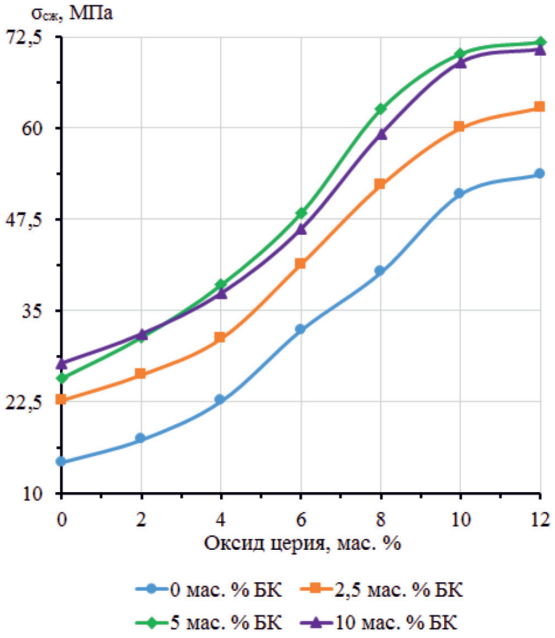


Рис. 1. Зависимость прочности на сжатие разрабатываемой керамики от содержания оксида церия и борной кислоты (БК)

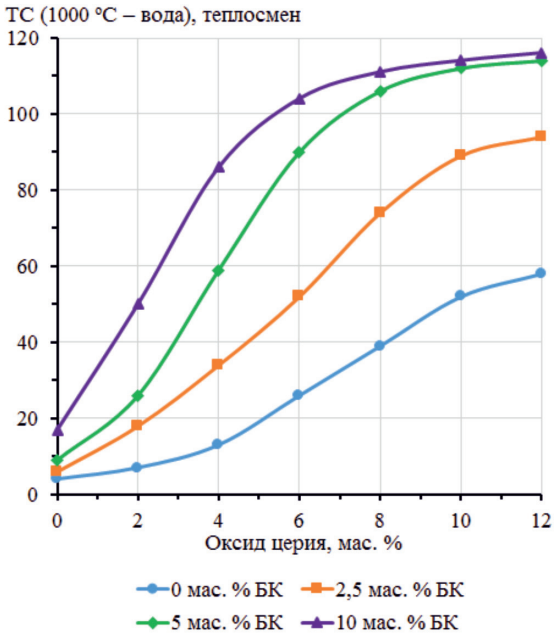


Рис. 2. Зависимость термостойкости разрабатываемой керамики от содержания оксида церия и борной кислоты (БК)

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе экспериментальных исследований было изучено влияние содержания оксида церия и борной кислоты на основные свойства разрабатываемой керамики – прочность на сжатие и термостойкость. Как следует из полученных данных (рис. 1, 2), используемые добавки способствуют повышению рассматриваемых свойств, а при их совместном введении наблюдаются эффекты самоглазурования и остекловывания.

Как было установлено в ранее проведенных работах [9–11], образование стекловидной фазы при обжиге, особенно при наличии эффектов самоглазурования и остекловывания, приводит к повышению прочности получаемой керамики за счет того, что стекловидная фаза образует слои между частицами керамики, соединяя их в прочный и твердый каркас. Этим объясняется практически линейное повышение прочности разрабатываемой керамики при введении до 10 мас.% оксида церия и до 5 мас.% борной кислоты. Дальнейшее повышение содержания данных добавок приводит к избытку стекловидной фазы и повышению толщины ее слоев. В результате стекловидная фаза начинает выступать не в роли связующего, а в качестве отдельной фазы, которая отличается хрупкостью и по правилу аддитивности начинает снижать прочность материала в целом. Этим объясняется снижение расстояния между прямыми на рис. 1, их выравнивание при введении более 10 мас.% оксида церия и постепенное снижение прямой для 10 мас.% борной кислоты ниже значений прямой для 5 мас.% борной кислоты. Кроме того, при избытке стекловидной фазы наблюдается потеря формы изделиями и оплавление их граней, а также стоит учитывать, что повышение количества вводимых добавок, особенно оксида церия, приводит к повышению себестоимости получения разрабатываемого керамического материала.

Повышение термостойкости при введении рассматриваемых добавок можно объяснить несколькими причинами. В первую очередь нужно учесть, что борная кислота при обжиге образует расплав, который вступает во взаимодействие с оксидом кремния, входящим в состав глины, с образованием боросиликатов [11], которые отличаются высокой термостойкостью, особенно при высоком содержании оксида кремния и малых количествах щелочных оксидов [12], чему способствует состав применяемой малопластичной глины. Тугоплавкие оксиды алюминия, кальция и магния, также содержащиеся в используемой малопластичной глине, частично переходят в состав стекловидной фазы при обжиге, дополнительно повышая ее термостойкость. Также стоит учесть, что борсодержащие фазы, способ-

ствуют формированию материала с низкими значениями ТКЛР и, как следствие, способствует повышению его термостойкости [4]. Кроме того, известно, что введение оксида церия повышает термический коэффициент расширения стекол, однако в то же время он способствует уменьшению разницы между значениями данного коэффициента между аморфными и кристаллическими областями в материале [13], что повышает термостойкость разрабатываемой керамики.

В связи с характером полученных зависимостей было принято решение вводить в состав шихты до 10 мас.% оксида церия и 5 мас.% борной кислоты, что позволяет избежать образования избытка стекловидной фазы при обжиге и в свою очередь дает максимальные значения прочности на сжатие и термостойкости, а также сохраняет правильную форму получаемых изделий.

На втором этапе экспериментальных исследований был определен комплекс основных свойств разрабатываемой керамики в зависимости от содержания оксида церия в составе шихты, содержащей 5 мас.% борной кислоты. В результате (таблица) было установлено, что с повышением количества оксида церия происходит увеличение значений всех рассматриваемых свойств, кроме открытой пористости, значения которой уменьшаются.

Свойства разрабатываемой керамики

Свойство	Содержание оксида церия, мас.%					
	0	2	4	6	8	10
Плотность, кг/м^3	1974,9	2016,3	2077,1	2169,7	2316,1	2366,6
Прочность на сжатие, МПа	25,8	31,4	38,6	48,4	62,6	70,2
Прочность на изгиб, МПа	6,0	8,6	11,9	16,4	22,9	26,3
Открытая пористость, %	2,2	2,0	1,9	1,7	1,4	1,2
Термостойкость (1000 °С – вода), теплосмен	9	26	59	90	106	112
Кислотостойкость, %	61,6	74,8	88	95,4	96,9	98,4

Как и в случае с зависимостями прочности на сжатие и термостойкости, рассмотренными выше, механизм влияния применяемых добавок на другие указанные в таблице свойства заключается в жидкофазном спекании материала и в получении эффекта самоглазурования образцов. Жидкофазное спекание и наличие стекловидной фазы в объеме керамики приводят к снижению общей пористости и уплотнению материала, а самоглазурование поверхности образцов переводит большинство открытых пор в закрытые. Повышение кислотостойкости связано с тем, что основу образующейся стекловидной фазы составляют боросиликаты, отличающиеся не только высокой термостойкостью, но и высокой химической стойкостью [11, 12]. Входящий в состав стекловидной фазы оксид церия также повышает химическую стойкость [6]. Оксид бора может снизить химическую стойкость, если его содержание превысит 13% [11, 14], однако в разрабатываемом составе его количество значительно ниже.

Таким образом, наиболее соответствует целям работы состав шихты, включающий 10 мас.% оксида церия, 5 мас.% борной кислоты и позволяющий достичь максимальных для данного состава значений прочности и термостойкости.

Заключение

В результате выполнения данной работы был разработан состав шихты, позволяющий получить термостойкую керамику на основе малопластичной глины с добавлением 10 мас.% оксида церия и 5 мас.% борной кислоты. Наряду с термостойкостью получаемая керамика отличается высокими значениями прочности, плотности, кислотостойкости и низкой открытой пористостью. Разработанный состав будет способствовать применению малопластичных глин, которые практически не находят применения в керамической промышленности из-за малых значений прочности и трещиностойкости изделий.

Использование оксида церия в составе шихты повышает тугоплавкость и химическую стойкость получаемого керамического материала. Оксид церия также снижает разницу между значениями ТКЛР аморфных и кристаллических фаз в объеме керамики, что в свою очередь снижает внутренние напряжения, возникающие в материале при температурных колебаниях в связи с неодинаковыми объемными расширениями, и таким образом способствует повышению термостойкости за счет сохранения прочности и целостности керамического материала в результате нагрева до высоких температур с последующим охлаждением. Применение борной кислоты способствует образованию

стекловидной фазы при обжиге и позволяет снизить температуру жидкофазного спекания керамики. Совместное использование оксида церия и борной кислоты позволяет получить эффекты самоглазурования поверхности изделий и остекловывания частиц керамики. Наличие стекловидной фазы на основе боросиликатов повышает прочность, термостойкость и химическую стойкость разработанной керамики. Эффект самоглазурования позволяет использовать получаемую керамику для футеровки тепловых агрегатов и дымовых каналов, эксплуатируемых при высоких температурах и в агрессивных средах, с получением самоочищающихся без остановки тепловых агрегатов стенок, в которых оксид церия будет являться катализатором окисления сажи и углеводородов при нагревании.

Список литературы

1. Химическая технология керамики: учеб. пособие для вузов / Н.Т. Андрианов и др.; Под ред. И.Я. Гузмана. М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2011. 496 с.

2. Волочко А.Т., Подболотов К.Б., Дятлова Е.М. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы. Минск: Беларус. навука, 2013. 385 с.

3. Гаршин А.П. Материаловедение. Техническая керамика в машиностроении: учебник для академического бакалавриата. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2017. 296 с.

4. Кичкайло О.В., Левицкий И.А. Влияние борсодержащих добавок на свойства литиевой термостойкой керамики // Труды БГТУ. № 3. Химия и технология неорганических веществ. 2010. Т. 1. № 3. С. 74–79.

5. Дятлова Е.М., Климош Ю.А. Химическая технология керамики и огнеупоров. В 2 ч. Ч. 1: тексты лекций для студентов специальности 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 01 09 «Технология тонкой функциональной и строительной керамики». Минск: БГТУ, 2014. 224 с.

6. Оксиды титана, церия, циркония, иттрия, алюминия. Свойства, применение и методы получения / Под ред. В.Н. Пармона. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 246 с.

7. Кичкайло О.В., Левицкий И.А. Получение термостойких керамических материалов в системе Li_2O-Al_2O_3-SiO_2 // Огнеупоры и техническая керамика. 2013. № 11–12. С. 50–60.

8. Сухарникова М.А., Пикалов Е.С. Исследование возможности производства керамического кирпича на основе малопластичной глины с добавлением гальванического шлама // Успехи современного естествознания. 2015. № 10. С. 44–47.

9. Пикалов Е.С. Селиванов О.Г., Чухланов В.Ю., Сухарникова М.А. Применение региональных техногенных отходов в производстве стеновых керамических изделий // Экология и промышленность России. 2017. № 6. С. 24–29.

10. Воробьева А.А., Шахова В.Н., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г., Сысоев Э.П., Чухланов В.Ю. Получение облицовочной керамики с эффектом остекловывания на основе малопластичной глины и техногенного отхода Владимирской области // Стекло и керамика. 2018. № 2. С. 13–17.

11. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Использование отходов, содержащих тяжелые металлы, для получения кислотоупорной керамики с эффектом самоглазурования // Экология промышленного производства. 2018. № 2. С. 2–6.

12. Храмков В.П., Чугунов Е.А. Материалы для производства и обработки стекла и стеклоизделий. М.: Высшая школа, 1987. 104 с.

13. Крайнова Д.А. и др. Влияние оксида церия на свойства стеклокерамических герметиков для твердооксидных топливных элементов // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90. № 8. С. 1047–1053.

14. Поляков К.А., Сломянская Ф.Б., Полякова К.К. Коррозия и химически стойкие материалы. М.-Л.: Госхимиздат, 1953. 362 с.

УДК 539.32: 621.793.79

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД

[1,2]Трифонов Г.И., [1]Поленов В.С., [2]Жачкин С.Ю.

[1]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: grishakip@yandex.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, e-mail: zhach@list.ru

В статье рассматриваются вопросы математического описания физических и химических преобразований композитного порошкового вещества под действием транспортирующего и плазмообразующего газов, а также электрической дуги. В качестве объекта исследования выбран плазменный поток с композитными частицами порошка. Стоит отметить, что зачастую использованию плазменных технологий препятствует недостаток систематизированной информации о закономерностях и возможностях соответствующих технологических процессов. Поэтому при планировании использования технологии плазменного напыления, в частности при прогнозировании кинематических характеристик плазменного потока, была разработана математическая модель, описывающая распространение упругих волн в трёхкомпонентной среде. Причем для более точного описания эксплуатационных свойств и параметров композитных материалов введено понятие – идеализированная среда. Целесообразность использования идеализированной среды заключается в том, что она в полной мере отражает изменения эксплуатационных и технологических параметров реальных сред в заданном интервале нагрузок и температур. В итоге смоделирована уточненная математическая модель на основе распространения нестационарных волн в трёхкомпонентной среде при образовании плазменного потока напыления. Также в ходе математического моделирования получена таблица теоретическими показателями тензоров напряжений и весовых коэффициентов процесса плазменного напыления. Построены графики зависимости скорости распространения продольных волн в материале плазменного покрытия от физико-механических характеристик – модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

Ключевые слова: математическое моделирование, плазменное напыление, упругие волны, трёхкомпонентная среда, модуль Юнга, коэффициент Пуассона

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES PLASMA SPRAY COATINGS THREE-COMPONENT ENVIRONMENTS

[1,2]Trifonov G.I., [1]Polenov V.S., [2]Zhachkin S.Yu.

[1]Military training and research center of the Air force «Air force academy named after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin», Voronezh, e-mail: grishakip@yandex.ru;
[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Technical University», Voronezh, e-mail: zhach@list.ru

The article deals with the mathematical description of physical and chemical transformations of composite powder substance under the action of transporting and plasma-forming gases, as well as electric arc. Plasma flow with composite powder particles was chosen as the object of study. It is worth noting that the use of plasma technologies is often hampered by a lack of systematic information about the laws and capabilities of the relevant technological processes. Therefore, when planning the use of plasma deposition technology, in particular when predicting the kinematic characteristics of the plasma flow, a mathematical model describing the propagation of elastic waves in a three-component medium was developed. And for a more accurate description of the performance properties and parameters of composite materials introduced the concept – idealized environment. The feasibility of using an idealized environment is that it fully reflects the changes in the operational and technological parameters of real environments in a given range of loads and temperatures. As a result, a refined mathematical model based on the propagation of unsteady waves in a three-component medium in the formation of a plasma deposition flux is simulated. Also in the process of mathematical modeling, the obtained table of the theoretical indicators of the stress tensor and the weighting coefficients of the plasma spraying process. Graphs of the velocity of longitudinal waves propagation in the plasma coating material on the physical and mechanical characteristics-young's modulus and Poisson's ratio are plotted.

Keywords: mathematical modeling, plasma spraying, elastic waves, three-component medium, Young's modulus, Poisson's ratio

В промышленности уже заняло достаточно прочные позиции плазменное напыление покрытий. При этом зачастую эффективному использованию плазменных технологий препятствует недостаток систематизированной информации о закономерностях и возможностях соответствующих технологических процессов, что затрудняет выбор оптимальной технологии для решения конкретных производственных задач, назначение режимов обработки, прогнозирование результатов [1].

До настоящего времени источником основной информации о процессе образования плазменной струи с необходимыми эксплуатационными характеристиками

остается эксперимент. Поэтому большое значение при планировании плазменного напыления приобретает экспериментальное построение формальной модели при широком применении математических методов планирования.

При этом стоит учитывать, что при описании физических и химических характеристик плазменного напыления, в частности преобразования композитного порошкового вещества под действием приложенного к нему импульса давления, применение математического моделирования – весьма трудоемкий и сложный процесс. Поэтому разрабатываются математические модели, которые учитывают конкретные преобразования композитного вещества в ходе его эксплуатации [2].

Цель исследования: разработка математической модели на основе распространения нестационарных волн в трехкомпонентной среде при образовании плазменной струи.

Материалы и методы исследования

Вопросу по распространению упругих волн в двухкомпонентных средах посвящено множество научных трактатов и работ. Среди них стоит выделить труды заслуженного ученого М.А. Био [3–5].

Взаимосвязывающее перемещение твердого тела (композитного порошка), газа и жидкости будем рассматривать как перемещение порошка, жидкости и газа в деформируемой пористой среде.

Введем уточнение, что габаритные размеры пор весьма малы в сравнении с расстоянием, на котором значительное изменение претерпевают кинематические и динамические показатели движения. Что в итоге позволяет нам полагать, что три среды сплошные и в любой координате пространства будет три вектора смещения [6].

Доказано, что в такой среде в общем случае распространяется три волны, скорости которых существенным образом зависят от направления распространения волновой поверхности.

Стоит отметить, что материалы (композитный порошок, плазмообразующие газы и плазма) весьма неоднотипно реагируют на приходящиеся на них нагрузки и факторы внешней среды. Следовательно, для каждой среды должны быть заданы реологические соотношения, отражающие ее термомеханические свойства. Отталкиваясь от заданной температуры и давления при плазменном напылении, одно и то же вещество может находиться в твердом, жидком или газообразном состоянии, а его реологическая модель будет либо упругой, либо вязкой и т.д. Чтобы решить приведенную особенность плазменного напыления, для описания эксплуатационных параметров веществ, применяемых на всех стадиях процесса, вводится понятие – идеализированная среда [7].

На базе идеализированной среды запишем систему уравнений, определяющую динамическое поведение упругой, насыщенной жидкостью и газом трехкомпонентной среды в перемещениях компонент [6], выражая коэффициенты Ламе λ, μ через модуль Юнга E и коэффициент Пуассона ν по формулам [8]:

$$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)},\ \mu = \frac{E}{2(1+\nu)},$$

$$\lambda + 2\mu = \frac{(1-\nu)E}{(1+\nu)(1-2\nu)} = \Lambda \qquad (1)$$

– полный тензор напряжений в скелете при наличии жидкости и газа в порах:

$$T_{ij} = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}u^{(1)}_{k,k}\delta_{ij} + \frac{E}{2(1+\nu)}(u^{(1)}_{i,j} + u^{(1)}_{j,i}) +$$

$$+(1-m)R^{(2)}_0 u^{(2)}_{k,k}\delta_{ij} + (1-m)R^{(3)}_0 u^{(3)}_{k,k}\delta_{ij} \qquad (2)$$

– силы, действующие на плазму (жидкость) и плазмообразующий газ:

$$N = (1-m)R^{(2)}_0 u^{(1)}_{k,k} + mR^{(2)}_0 u^{(2)}_{k,k} + (1-m)R^{(2)}_0 u^{(3)}_{k,k}, \quad (3)$$

$$P = (1-m)R^{(3)}_0 u^{(1)}_{k,k} + (1-m)R^{(3)}_0 u^{(2)}_{k,k} + mR^{(3)}_0 u^{(3)}_{k,k}$$

– уравнения движения пористой среды:

$$\rho_{11}\ddot{u}^{(1)}_i + \rho_{12}\ddot{u}^{(2)}_i + \rho_{13}\ddot{u}^{(3)}_i = T_{ij,j},$$

$$\rho_{12}\ddot{u}^{(1)}_i + \rho_{22}\ddot{u}^{(1)}_i + \rho_{23}\ddot{u}^{(3)}_i = N_{,i}, \qquad (4)$$

$$\rho_{13}\ddot{u}^{(1)}_i + \rho_{23}\ddot{u}^{(2)}_i + \rho_{33}\ddot{u}^{(3)}_i = P_{,i}.$$

Здесь ρ_{11}, ρ_{22}, ρ_{33} – эффективные плотности порошковой механической смеси для плазменного напыления, плазмы и плазмообразующего газа соответственно ($кг/м^3$); $\rho_{12} < 0$, $\rho_{13} < 0$, $\rho_{23} < 0$ – коэффициенты динамической связи скелета; $R_0^{(2)}$, $R_0^{(3)}$ – коэффициенты сжимаемости компонент, заполненных жидкостью и газом; $u_j^{(\alpha)}$ – перемещения компонент. В скобках цифры вверху обозначают: 1 – твердая компонента, 2 – жидкость, 3 – газ. Предполагается $\rho_{ji} = \rho_{ij}$. По повторяющимся индексам здесь и в дальнейшем проводится суммирование от 1 до 3.

Под волной ускорения в наполненной композитными элементами плазмой и плазмообразующим газом трехкомпонентной пористой среде понимается поверхность, на которой напряжения и силы, направленные на плазменный поток, плазмообразующий газ, композитные элементы и скорости перемещения компонент непрерывны.

Продифференцируем соотношения (2) и (3) по t и получим

$$\dot{T}_{ij} = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}V^{(1)}_{k,k}\delta_{ij} + \frac{E}{2(1+\nu)}(V^{(1)}_{i,j} + V^{(1)}_{j,i}) +$$

$$+(1-m)R^{(2)}_0 V^{(2)}_{k,k}\delta_{ij} + (1-m)R^{(3)}_0 V^{(3)}_{k,k}\delta_{ij},$$

$$\dot{N} = (1-m)R^{(2)}_0 V^{(1)}_{k,k} + mR^{(2)}_0 V^{(2)}_{k,k} + (1-mR^{(2)}_0 V^{(3)}_{k,k}, \quad (5)$$

$$\dot{P} = (1-m)R^{(3)}_0 V^{(1)}_{k,k} + (1-m)R^{(3)}_0 V^{(2)}_{k,k} + mR^{(3)}_0 V^{(3)}_{k,k}.$$

Запишем уравнениям (4) и соотношения (5) разрывов [9]:

$$\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}[V^{(1)}_{k,k}]\delta_{ij} + \frac{E}{2(1+\nu)}([V^{(1)}_{i,j}] + [V^{(1)}_{j,i}]) +$$

$$+(1-m)R^{(2)}_0[V^{(2)}_{k,k}]\delta_{ij} + (1-m)R^{(3)}_0[V^{(3)}_{k,k}]\delta_{ij} = \dot{T}ij,$$

$$(1-m)R_0^{(2)}[V_{k,k}^{(1)}]+mR_0^{(2)}[V_{k,k}^{(2)}]+(1-m)R_0^{(2)}[V_{k,k}^{(3)}]=[\dot{N}],$$

$$(1-m)R_0^{(3)}[V_{k,k}^{(1)}]+(1-m)R_0^{(3)}[V_{k,k}^{(2)}]+mR_0^{(3)}[V_{k,k}^{(3)}]=[\dot{P}], \qquad (6)$$

$$\rho_{11}[\dot{V}_i^{(1)}]+\rho_{12}[\dot{V}_i^{(2)}]+\rho_{13}[\dot{V}_i^{(3)}]=[T_{ij,j}],$$

$$\rho_{12}[\dot{V}_i^{(1)}]+\rho_{22}[\dot{V}_i^{(1)}]+\rho_{23}[\dot{V}_i^{(3)}]=[N_{,i}],$$

$$\rho_{13}[\dot{V}_i^{(1)}]+\rho_{23}[\dot{V}_i^{(2)}]+\rho_{33}[V_i^{(3)}]=[P_{,I}].$$

К соотношениям (6) применим кинематические и геометрические условия совместности первого порядка на поверхности разрыва [10]:

$$\left[T_{ik,k}\right]=s_{ik}\nu_k\,,\ \left[\dot{T}_{ik}\right]=-s_{ik}G\,,\ \left[N_{,k}\right]=\eta\nu_k\,,\ \left[\dot{N}\right]=-\eta G,$$

$$[P_{,i}]=\gamma\nu_i\,,\ [\dot{P}]=-\gamma G\,,\ \left[V_{i,k}^{(\alpha)}\right]=\lambda_i^{(\alpha)}\nu_k\,,\ \left[\dot{V}_i^{(\alpha)}\right]=-\lambda_i^{(\alpha)}G\quad(\alpha=1,2,3). \qquad (7)$$

Здесь s_{ik},η, γ, $\lambda_i^{(1)}$, $\lambda_i^{(2)}$, $\lambda_i^{(3)}$ – величины, характеризующие скачки первых производных напряжений, сил, действующих на плазму и плазмообразующий газ и скоростей перемещения компонент; ν_i – единичный вектор нормали к волновой поверхности; G – скорость распространения волновой поверхности пористой среды.

Используя условия (7), формулы (6) запишем в виде

$$\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}\lambda_k^{(1)}\nu_k\delta_{ij}+\frac{E}{2(1+\nu)}(\lambda_i^{(1)}\nu_j+\lambda_j^{(1)}\nu_i)+(1-m)R_0^{(2)}\lambda_k^{(2)}\nu_k\delta_{ij}+$$
$$+(1-m)R_0^{(3)}\lambda_k^{(3)}\nu_k\delta_{ij}=-s_{ij}G,$$

$$(1-m)R_0^{(2)}\lambda_k^{(1)}\nu_k+mR_0^{(2)}\lambda_k^{(2)}\nu_k+(1-m)R_0^{(2)}\lambda_k^{(3)}\nu_k]=-\eta G,$$

$$(1-m)R_0^{(3)}\lambda_k^{(1)}\nu_k+(1-m)R_0^{(3)}\lambda_k^{(2)}\nu_k+mR_0^{(3)}\lambda_k^{(3)}\nu_k=-\gamma G, \qquad (8)$$

$$\rho_{11}\lambda_i^{(1)}G+\rho_{12}\lambda_i^{(2)}G+\rho_{13}\lambda_i^{(3)}G=-s_{ij}\nu_j\,,$$

$$\rho_{12}\lambda_{\dot{\imath}}^{(1)}G+\rho_{22}\lambda_i^{(2)}G+\rho_{23}\lambda^{(3)}=-\eta\nu\ ,$$

$$\rho_{13}\lambda_i^{(1)}G+\rho_{23}\lambda_i^{(2)}G+\rho_{33}\lambda_i^{(3)}G=-\gamma\nu_i.$$

Исключая из (8) величины s_{ij}, η, γ, получим однородную систему уравнений относительно $\lambda_k^{(1)}$, $\lambda_k^{(2)}$, $\lambda_k^{(3)}$ [11]:

$$\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}\lambda_k^{(1)}\nu_k\nu_i+\frac{E}{2(1+\nu)}(\lambda_i^{(1)}+\lambda_j^{(1)}\nu_i\nu_j)+(1-m)R_0^{(2)}\lambda_k^{(2)}\nu_k\nu_i+$$
$$+(1-m)R_0^{(3)}\lambda_k^{(3)}\nu_k\nu_i=\rho_{11}G^2\lambda_i^{(1)}+\rho_{12}G^2\lambda_i^{(2)}+\rho_{13}G^2\lambda_i^{(3)},$$

$$(1-m)R_0^{(2)}\lambda_k^{(1)}\nu_k\nu_i+mR_0^{(2)}\lambda_k^{(2)}\nu_k\nu_i+(1-m)R_0^{(2)}\lambda_k^{(2)}\nu_k\nu_i]=$$

$$=\rho_{12}G^2\lambda_i^{(1)}+\rho_{22}G^2\lambda_i^{(2)}+\rho_{23}G^2\lambda_i^{(3)}, \qquad (9)$$

$$(1-m)R_0^{(3)}\lambda_k^{(1)}\nu_k\nu_i+(1-m)R_0^{(3)}\lambda_k^{(2)}\nu_k\nu_i+mR_0^{(3)}\lambda_k^{(3)}\nu_k\nu_i=$$

$$=\rho_{13}G^2\lambda_i^{(1)}+\rho_{23}G^2\lambda_i^{(2)}+\rho_{33}G^2\lambda_i^{(3)}.$$

Полагая, что $\lambda_k^{(\alpha)}\nu_k\neq 0$, на волновой поверхности, умножим (9) на ν_i и просуммируем по повторяющемуся индексу i, получим однородную систему трех линейных уравнений относительно $w_\alpha=\lambda_k^{(\alpha)}\nu_k$ (α = 1, 2, 3):

$$\{\Lambda-\rho_{11}G^2\}\omega_1+\{(1-m)R_0^{(2)}-\rho_{12}G^2\}\omega_2+\{(1-m)R_0^{(3)}-\rho_{13}G^2\}\omega_3=0,$$

$$\{(1-m)R_0^{(2)}-\rho_{12}G^2\}\omega_1+(mR_0^{(2)}-\rho_{22}G^2\}\omega_2+\{(1-m)R_0^{(2)}-\rho_{23}G^2\}\omega_3=0, \qquad (10)$$

$$\{(1-m)R_0^{(3)}-\rho_{13}G^2\}\omega_1+\{(1-m)R_0^{(3)}-\rho_{23}G^2\}\omega_2+\{mR_0^{(3)}-\rho_{33}G^2\}\omega_3=0.$$

Введем следующие обозначения:

$$\gamma_{11}=\frac{\rho_{11}}{\rho},\gamma_{12}=\frac{\rho_{12}}{\rho},\gamma_{22}=\frac{\rho_{22}}{\rho},\gamma_{13}=\frac{\rho_{13}}{\rho},\gamma_{23}=\frac{\rho_{23}}{\rho},$$

$$\gamma_{33}=\frac{\rho_{33}}{\rho},\rho=\rho_{11}+2\rho_{12}+\rho_{22}+2\rho_{13}+2\rho_{23}+\rho_{33}, \quad (11)$$

$$\sigma_{11}=\frac{\Lambda}{M},\sigma_{12}=\frac{(1-m)R_0^{(2)}}{M},\sigma_{22}=\frac{mR_0^{(2)}}{M},\sigma_{13}=\sigma_{23}=\frac{(1-m)R_0^{(3)}}{M},$$

$$\sigma_{33}=\frac{mR_0^{(3)}}{M},M=\Lambda+2(1-m)R_0^{(2)}+mR_0^{(2)}+2(1-m)R_0^{(3)}+mR_0^{(3)}.$$

С учетом (11) систему (10) запишем в безразмерной форме:

$$\{\sigma_{11}-\gamma_{11}a_l^2\}\omega_1+\{\sigma_{12}-\gamma_{12}a_l^2\}\omega_2+\{\sigma_{13}-\gamma_{13}a_l^2\}\omega_3=0,$$

$$\{\sigma_{12}-\gamma_{12}a_l^2\}\omega_1+(\sigma_{22}-\gamma_{22}a_l^2\}\omega_2+\{\sigma_{12}-\gamma_{23}a_l^2\}\omega_3=0, \quad (12)$$

$$\{(\sigma_{13}-\gamma_{13}a_l^2\}\omega_1+\{\sigma_{13}-\gamma_{23}a_l^2\}\omega_2+\{\sigma_{33}-\gamma_{33}a_l^2\}\omega_3=0\ ,\ c_l^2=\frac{M}{\rho}\ ,\ a_l^2=\frac{G_l^2}{c_l^2}.$$

Условие существования нетривиальных решений системы (12), однородной относительно w_1, w_2, w_3 определяет три скорости волн ускорений в насыщенной жидкостью и газом пористой среде, которые находятся из определителя третьего порядка, составленного из коэффициентов при неизвестных w_1, w_2, w_3 системы (12):

$$\Delta=\begin{vmatrix}\sigma_{11}-\gamma_{11}a_l^2 & \sigma_{12}-\gamma_{12}a_l^2 & \sigma_{13}-\gamma_{13}a_l^2\\ \sigma_{12}-\gamma_{12}a_l^2 & \sigma_{22}-\gamma_{22}a_l^2 & \sigma_{12}-\gamma_{23}a_l^2\\ \sigma_{13}-\gamma_{13}a_l^2 & \sigma_{13}-\gamma_{23}a_l^2 & \sigma_{33}-\gamma_{33}a_l^2\end{vmatrix}=0. \quad (13)$$

Для вычисления определителя Δ справедлива формула разложения данного определителя по элементам *i*-го столбца [12]:

$$\Delta=\sum_{i=1}^{3}(-1)^{i+j}a_{ij}M_{ij}\quad(j=\overline{1,3}), \quad (14)$$

где *i* – номер столбца; *j* – номер строки; a_{ij} – элемент определителя, стоящий на пересечении *i*-й строки и *j*-го столбца; M_{ij} – минор элемента матрицы третьего порядка.

Раскрывая определитель (13) по формуле (14) и сделав замену $z=a_l^2=\frac{G_l^2}{c_l^2}$, получим кубическое уравнение относительно *z*:

$$kz^3+bz^2+dz+f=0\ ,$$

$$b=\sigma_{22}\gamma_{11}\gamma_{33}+\sigma_{33}\gamma_{11}\gamma_{22}-\sigma_{13}\gamma_{11}\gamma_{23}-\sigma_{12}\gamma_{11}\gamma_{23}-\sigma_{12}\gamma_{12}\gamma_{33}-\sigma_{33}\gamma_{12}^2+\sigma_{13}\gamma_{12}\gamma_{13}+\sigma_{13}\gamma_{12}\gamma_{23}+\sigma_{12}\gamma_{13}\gamma_{23}+$$
$$+\sigma_{12}\gamma_{12}\gamma_{13}-\sigma_{22}\gamma_{13}^2-\sigma_{13}\gamma_{13}\gamma_{22}+\sigma_{11}\gamma_{22}\gamma_{33}-\sigma_{11}\gamma_{23}^2-\sigma_{12}\gamma_{12}\gamma_{33}+\sigma_{12}\gamma_{13}\gamma_{23}+\sigma_{13}\gamma_{12}\gamma_{23}-\sigma_{13}\gamma_{13}\gamma_{22},$$

$$d=-\sigma_{11}\sigma_{22}\gamma_{33}-\sigma_{11}\sigma_{33}\gamma_{22}+\sigma_{11}\sigma_{13}\gamma_{23}+\sigma_{11}\sigma_{12}\gamma_{23}+\sigma_{12}\sigma_{12}\gamma_{33}+\sigma_{12}\sigma_{33}\gamma_{12}-\sigma_{12}\sigma_{13}\gamma_{13}-$$
$$-\sigma_{12}\sigma_{13}\gamma_{23}-\sigma_{13}\sigma_{12}\gamma_{23}-\sigma_{13}\sigma_{12}\gamma_{12}+\sigma_{13}\sigma_{22}\gamma_{13}+\sigma_{13}\sigma_{13}\gamma_{22}-\sigma_{22}\sigma_{33}\gamma_{11}+$$
$$+\sigma_{12}\sigma_{13}\gamma_{11}+\sigma_{12}\sigma_{33}\gamma_{12}-\sigma_{13}^2\gamma_{12}-\sigma_{12}^2\gamma_{13}+\sigma_{13}\sigma_{22}\gamma_{13}, \quad (15)$$

$$f=\sigma_{11}\sigma_{22}\sigma_{33}-\sigma_{11}\sigma_{12}\sigma_{13}-\sigma_{12}^2\sigma_{33}+\sigma_{12}\sigma_{13}^2+\sigma_{13}\sigma_{12}^2-\sigma_{13}^2\sigma_{22}.$$

Коэффициенты σ_{11}... σ_{33} находятся по формулам (11). Решение кубического уравнения (15) находим по формулам Кардана [13]. Для решения уравнения (15) разделим его на *k* и введем новую переменную $y=z+\frac{b}{3k}$, тогда после преобразования получим:

$$y^3+3py+2q=0,\ \ 3p=\frac{3kd-b^2}{3k^2},\ \ 2q=\frac{2b^3}{27k^3}-\frac{bd}{3k^2}+\frac{f}{k}. \quad (16)$$

Вычислим дискриминант $D=q^2+p^3$. Если $D<0$, то рассматриваемое уравнение обладает тремя действительными корнями, которые записываются как комплексные величины. Если $D>0$, то уравнение имеет несколько различных решений, а именно одно действительное и два мнимых. Если $D=0$, то имеем три совпавших нулевых корня или имеем три действительных решения, два из которых совпадают.

Таким образом, в трехкомпонентной пористой среде распространяются три продольные волны в зависимости от дискриминанта кубического уравнения. Если связь между компонентами жидкость – газ и упругость – газ в среде отсутствует $\gamma_{13} = 0, \gamma_{23} = 0, \sigma_{23} = 0$, то кубическое уравнение (15) сводится к квадратному уравнению:

$$k_1 z^2 + b_1 z + d_1 = 0, \quad k_1 = \rho_{11}\rho_{22} - \rho_{12}^2, \; b_1 = 2\sigma_{12}\gamma_{12} - \sigma_{22}\gamma_{11} - \sigma_{11}\gamma_{22}, \; d_1 = \sigma_{11}\sigma_{22} - \sigma_{12}^2. \tag{17}$$

Уравнение (17) совпадает с уравнением работы [6].

Положим в системе (9) $\lambda_i^{(\alpha)} v_i (\alpha = 1, 2, 3)$.Тогда получим $G = G_t$:

$$\{\sigma'_{11} - \gamma_{11}a_t^2\}\omega_1 + \gamma_{12}a_t^2\omega_2 + \gamma_{13}a_t^2\omega_3 = 0, \quad \gamma_{12}a_t^2\omega_1 + \gamma_{22}a_t^2\omega_2 + \gamma_{23}a_t^2\omega_3 = 0,$$

$$\gamma_{13}a_t^2\}\omega_1 + \gamma_{23}a_t^2\omega_2 + \gamma_{33}a_t^2\omega_3 = 0, \tag{18}$$

$$\sigma'_{11} = \frac{E}{2(1+\nu)M'}, M' = \mu + 2(1-m)R_0^{(2)} + mR_0^{(2)} + 2(1-m)R_0^{(3)} + mR_0^{(3)},$$

$$c_t^2 = \frac{M'}{\rho}, \; a_t^2 = \frac{G_t^2}{c_t^2}.$$

Условием существования ненулевых решений системы (18) является ее определитель, составленный из коэффициентов при $\lambda_i^{(\alpha)}$ ($\alpha = 1,2,3$) и который должен быть равен нулю:

$$\begin{vmatrix} \gamma_{11}a_t^2 - \sigma'_{11} & \gamma_{12}a_t^2 & \gamma_{13}a_t^2 \\ \gamma_{12}a_t^2 & \gamma_{22}a_t^2 & \gamma_{23}a_t^2 \\ \gamma_{13}a_t^2 & \gamma_{23}a_t^2 & \gamma_{33}a_t^2 \end{vmatrix} = 0. \tag{19}$$

Раскрывая уравнение (19) по формуле (14), получим выражение для нахождения скорости поперечной волны, распространяющейся в трехкомпонентной среде:

$$a_t = \frac{G_t}{c_t} = \sqrt{\frac{(\gamma_{22}\gamma_{33} - \gamma_{23}^2)E}{2(1+\nu)M'(\gamma_{12}\gamma_{13}\gamma_{23} - \gamma_{13}^2\gamma_{22} - \gamma_{11}\gamma_{23}^2 + \gamma_{12}\gamma_{13}\gamma_{23} + \gamma_{11}\gamma_{22}\gamma_{33} - \gamma_{12}^2\gamma_{33})}}. \tag{20}$$

Если связь между плазмой и плазмообразующим газом, композитным материалом и плазмообразующим газом отсутствует, $\gamma_{23} = 0, \gamma_{13} = 0$, то из (20) следует

$$\frac{G_t}{c_t} = \sqrt{\frac{E\gamma_{22}}{2(1+\nu)(\gamma_{11}\gamma_{22} - \gamma_{12}^2)}}. \tag{21}$$

Формула (21) совпадает с формулой, полученной в работе [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно внесенным данным в идеализированную среду, а также результатам расчетов уравнений (11), получаем сводную таблицу значений.

Таблица значений тензоров напряжений и весовых коэффициентов

№ п/п	1	2	3	4	5
σ_{11}	1	1	1	1	1
σ_{12}	6,5E-13	6,14E-13	5,86E-13	5,63E-13	5,46E-13
σ_{22}	1,15E-13	1E-13	8,75E-14	7,68E-14	6,75E-14
σ_{13}	1,08E-12	1,06E-12	1,05E-12	1,01E-12	9,71E-13
σ_{23}	1,08E-12	1,06E-12	1,05E-12	1,01E-12	9,71E-13
σ_{33}	1,91E-13	1,73E-13	1,58E-13	1,37E-13	1,2E-13
γ_{34}	1,049211	1,044258	1,039306	1,094341	1,061377
γ_{12}	–0,01	–0,015	–0,02	–0,015	–0,012
γ_{22}	0,020493	0,01647	0,030446	0,030423	0,017399
γ_{13}	–0,04	–0,03	–0,02	–0,08	–0,05
γ_{23}	–0,01	–0,001	–0,01	–0,015	–0,005
γ_{33}	0,050296	0,031272	0,030248	0,095236	0,055224

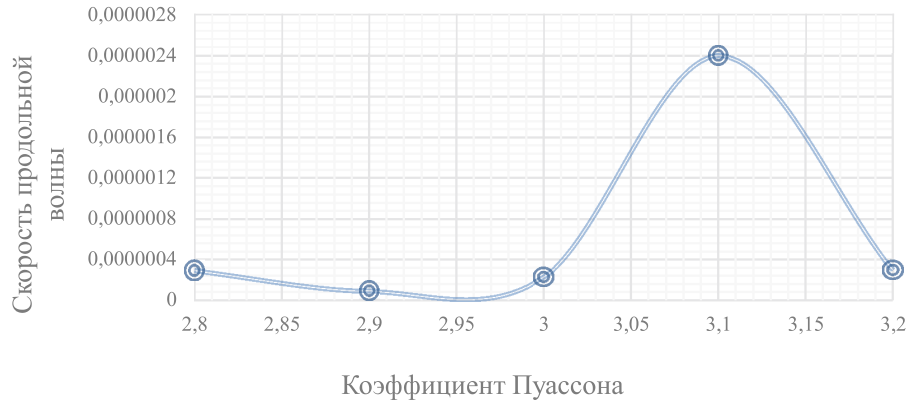


Рис. 1. Зависимость коэффициента Пуассона от скорости распространения продольной волны

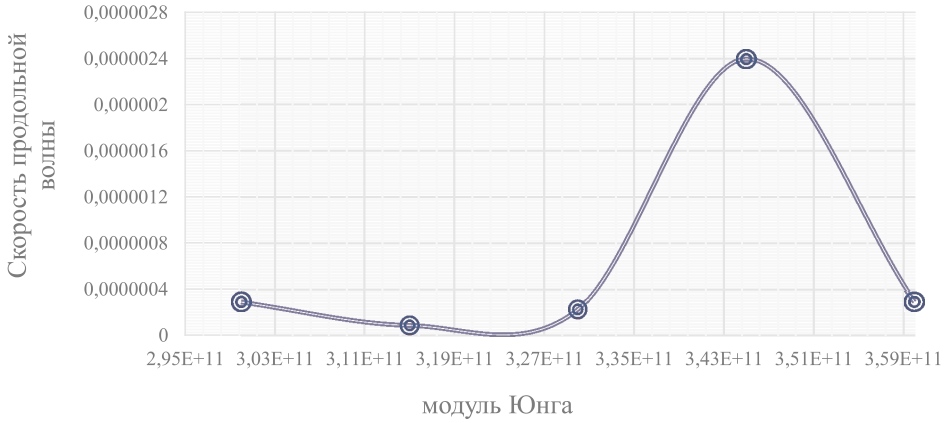


Рис. 2. Зависимость модуля Юнга от скорости распространения продольной волны

На основе таблицы сводных значений тензоров напряжений и весовых коэффициентов составим графики зависимостей. На рис. 1 и 2 изображена зависимость скорости распространения продольной упругой волны в композитном материале от его физико-механических характеристик – модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

Выводы

Разработана математическая модель на основе распространения нестационарных волн в трехкомпонентной среде при образовании плазменной струи.

Построены графики зависимости скорости распространения продольных волн в материале плазменного покрытия от его технических модулей, таких как модуль Юнга и коэффициента Пуассона.

Список литературы

1. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Е. Баумана, 2008. 360 с.

2. Трифонов Г.И., Жачкин С.Ю., Краснова М.Н., Пеньков Н.А. Моделирование кинематики плазменного напыления на сложнопрофильные поверхности // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 128. С. 133–139.

3. Biot M.A. Theory propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid I. Low-Frequency Range. J. Acoust. Soc. America. 1956. vol. 28. no 2. P. 168–178.

4. Biot M.A. Theory propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. II. Higher Frequency Range. J. Acoust. Soc. America. 1956. vol. 28. no 2. P. 179–191.

5. Biot M.A. Mechanics of Deformation and Acoustic Propagation in Porous Media. Journal of Applied Physic. 1962. vol. 33. no 4. P. 1483–1498.

6. Поленов В.С., Масликова Т.И. О распространении нестационарных упругих волн в однородных пористых средах // Изв. РАН. МТТ. 2005. № 1. С. 104–108.

7. Ильющенко А.Ф., Шевцов А.И., Оковитый В.А., Громыко Г.Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование. Минск: Беларус. навука, 2011. 357 с.

8. Поленов В.С. Основные уравнения динамического деформирования трехкомпонентных сред // Современные тенденции развития естествознания и технических наук: сборник научных трудов по материалам МНПК. Белгород, 2018. С. 31–34.

9. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2013. 406 с.

10. Кукарских Л.А., Белых А.Г. Волновые процессы в пористых средах // V МНПК. Белгород, 2015. № 5. ч. 1. С. 13–16.

11. Симонов Ю.Н., Георгиев М.Н., Симонов М.Ю. Основы физики и механики разрушения. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. 203 с.

12. Просветов Г.И. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: задачи и решения. М.: Альфа-Пресс, 2009. 208 с.

13. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Изд.: Астрель, 2010. 992 с.

УДК 004:378

МОДЕЛИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Укуев Б.Т.

Институт новых информационных технологий Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: ukuevb@gmail.com

Рассматриваются вопросы моделирования интегрированной информационной среды технического вуза. Структурные подразделения вуза используют в своей деятельности как универсальные, так и специальные программные средства, но почти во всех вузах программные продукты, используемые в различных сферах деятельности, функционируют практически независимо друг от друга, без непосредственного обмена информации между собой. Это обусловливает затрату больших временных, финансовых и трудовых ресурсов на передачу информации между различными структурами вуза, повышает вероятность внесения ошибок в процессе ее преобразования в требуемую структуру и форму. Интеграция программных систем различных структур вуза в единую систему с общей информационной базой призвана способствовать значительному повышению эффективности осуществления административного, образовательного и научно-исследовательского процессов в интересах достижения высокого качества подготовки специалистов. В технических вузах компьютерные аппаратные и программные средства используются значительно шире, чем в вузах другой направленности. Поэтому в технических вузах вопросам интеграции информационных систем должно быть уделено большее внимание. В работе приводятся основные требования, предъявляемые к компонентам интегрированной информационной среды вуза и ее архитектуре в целом. Рассматривается общая модель интегрированной информационной среды технического вуза, а также модели некоторых ее компонентов.

Ключевые слова: интегрированная информационная среда вуза, информационные системы, специализированные программные средства, автоматизированные системы управления учебным процессом, SAP R/3, PeopleSoft, Oracle E-Business Suite, модель интегрированной информационной среды технического вуза, гносеологическая модель процесса функционирования системы, концептуальная модель

MODELS OF THE INTEGRATED INFORMATION ENVIRONMENT OF TECHNICAL UNIVERSITY

Ukuev B.T.

Institute of new information technologies of Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture n.a. N. Isanov, Bishkek, e-mail: ukuevb@gmail.com

Questions of modeling of the integrated information environment of technical university are considered. Structural divisions of higher education institution use in the activity, both universal, and special software, but almost in all higher education institutions the software products used in various fields of activity function almost independently of each other, without direct exchange of information among themselves. It causes expense big temporary, financial and a manpower on information transfer between various structures of higher education institution, increases probability of introduction of mistakes in the course of her transformation to the required structure and a form. Integration of program systems of various structures of higher education institution into uniform system with the general information base is intended to promote substantial increase of efficiency of implementation of administrative, educational and research processes for the benefit of quality achievement of training of specialists. In technical university computer equipment rooms and software are used much more widely, than in higher education institutions of other orientation. Therefore in technical universities bigger attention has to be paid to questions of integration of information systems. The main requirements imposed to components of the integrated information environment of higher education institution and its architecture in general are provided in work. The general model of the integrated information environment of technical university and also model of some of its components is considered.

Keywords: the integrated information environment of higher education institution, information systems, specialized software, automated control systems for educational process, SAP R/3, PeopleSoft, Oracle E-Business Suite, model of the integrated information environment of technical college, gnoseological model of process of functioning of system, conceptual model

Повышение эффективности системы образования и качества подготовки специалистов в современных условиях неразрывно связано с информационным пространством учебного заведения, в котором присутствуют все аспекты деятельности вуза, включая образовательные, научно-исследовательские и хозяйственные процессы. Каждой сфере деятельности соответствуют свои технологии обработки информации. Трудно представить современный технический вуз, какая-либо сфера деятельности которого осуществлялась бы без использования новых информационных технологий. Но почти во всех вузах программные продукты, используемые в различных сферах деятельности, функционируют практически независимо друг от друга, без непосредственного обмена информацией между собой. Это

обусловливает затрату больших временных, финансовых и трудовых ресурсов на передачу информации между различными структурами вуза, повышает вероятность внесения ошибок в процессе ее преобразования в требуемую структуру и форму.

Интеграция программных систем различных структур вуза в единую систему с общей информационной базой призвана способствовать значительному повышению эффективности осуществления административного, образовательного и научно-исследовательского процессов в интересах достижения высокого качества подготовки специалистов. Интегрированная информационная среда позволит осуществлять комплексный контроль за учебным процессом, контроль проводимых преподавателями и студентами научных исследований, востребованности и наличия печатных и электронных изданий, материально-технических ресурсов, необходимых для проведения учебных и научно-исследовательских работ на высоком уровне. Единая среда будет способствовать также улучшению взаимодействия вуза с другими образовательными, научно-исследовательскими и производственными учреждениями как в самой республике, так и за рубежом.

Целью данной статьи является исследование моделей интегрированной информационной среды высшего технического учебного заведения.

Деятельность вуза связана с различными сферами, в числе которых учебная, хозяйственная, научно-исследовательская и другие. Решение многих задач возможно посредством использования универсальных программных пакетов (Microsoft Office, OpenOffice и др.), но в каждой сфере деятельности есть задачи, для решения которых необходимо использовать специализированные программные средства [1, 2]. Специализированные программные средства, функционирующие в настоящее время в вузах СНГ, успешно справляясь с возложенными на них задачами в конкретных областях, обладают существенным недостатком – отсутствием механизма непосредственного взаимодействия друг с другом, стандартизированного протокола обмена данными и интерфейсов для реализации общего функционала. Это вызывает необходимость реструктуризации данных при передаче их между различными программными средствами, при этом нередко и применение ручных операций, что с большой степенью вероятности приводит к различным искажениям информации. Кроме того, такая форма организации информационного обмена затрудняет проведение комплексного анализа деятельности структурных подразделений вуза, а также его взаимодействие с другими вузами и учреждениями внутри страны и за рубежом. Поэтому весьма актуальной является задача создания интегрированной информационной среды для совместного функционирования программных средств всех структурных подразделений вуза. Особое значение сказанное имеет в отношении к техническим вузам, ввиду их наибольшей компьютеризации. Существует множество определений «интегрированной информационной среды». В нашем понимании, Интегрированная среда – это среда программирования, содержащая все необходимые программные компоненты, обеспечивающие комплексную автоматизацию процессов проектирования управленческих и инженерных задач в интерактивном режиме.

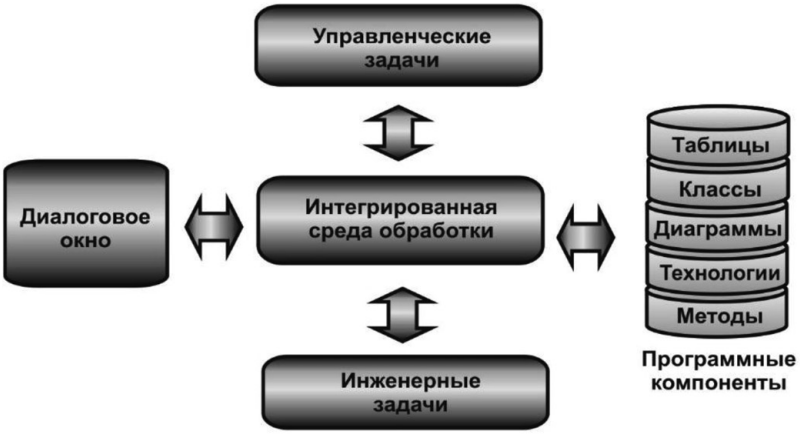


Рис. 1. Модель интегрированной среды обработки данных

Интеграция программных средств вуза производится с целью повышения эффективности его учебной, научно-исследовательской, управленческой и финансовой деятельности в условиях единой информационной среды [3]. Независимо от специфики задач различных сфер деятельности вуза, основное функциональное назначение интегрированной среды – это обработка данных. На рис. 1 представлена одна из возможных моделей интегрированной среды обработки данных.

Интегрированная информационная среда вуза может быть создана по аналогии с автоматизированными системами управления предприятиями. Современные западные системы автоматизации управления предприятием (SAP R/3, PeopleSoft, Oracle E-Business Suite и др.) в большинстве своем позволяют их комплексное использование, однако их применение накладывает определенные ограничения [4]:

– их структуры данных и методы управления приспособлены к условиям работы промышленных предприятий;

– они не учитывают условия функционирования учебного заведения;

– их функционирование предусматривает полный охват всех сфер деятельности;

– эти системы предъявляют высокие требования к обслуживающему персоналу и его периодическое повышение квалификации в компании, осуществляющей сопровождение программного продукта;

– высокая стоимость программного продукта.

В странах СНГ имеются отечественные автоматизированные системы управления учебным процессом. По сравнению с рассмотренными выше зарубежными аналогами они учитывают специфику вузов и имеют более низкую стоимость, но и им присущи определенные недостатки, например:

– системы не охватывают все сферы деятельности вуза;

– большинство из них не следуют правилам открытой архитектуры, обеспечивающей стандартизированные технологии хранения, обработки и передачи информации, отсутствуют унифицированные интерфейсы обработки данных, что препятствует мониторингу корректности функционирования системы, а также ее модернизации без участия компании-разработчика;

– системы созданы главным образом по технологии «толстого клиента», что обусловливает установку части программного обеспечения на компьютеры всех клиентов системы и усложняет ее администрирование;

– многие системы не ориентированы на использование свободного программного обеспечения при их эксплуатации, вынуждая пользователей дополнительно приобретать проприетарное программное обеспечение (Windows, MS Office, SQL Server и др.), необходимое для функционирования самой системы;

– высокая вероятность сбоев в работе системы из-за незначительных сроков ее эксплуатации;

– системы не являются кроссплатформенными, что может вызвать необходимость смены клиентом операционной системы;

– слабая техническая поддержка или ее полное отсутствие, что в сочетании с отсутствием соответствующей технической документации может привести к выходу системы из строя на длительный срок.

Отличительной особенностью рассмотренных систем является их специализация на отдельной сфере деятельности учебного заведения и отсутствие программных интерфейсов и протоколов взаимодействия их друг с другом. Это вызывает необходимость реструктуризации данных при передаче информации между компонентами общей вузовской системы, усложняет мониторинг деятельности структурных подразделений вуза в целом и системное администрирование информационных систем.

В данной работе предложена общая модель интегрированной информационной среды технического вуза, а также модели некоторых ее компонентов. Сложные системы создаются по различным технологиям. При проектировании рассматриваемой интегрированной среды на первом этапе была разработана гносеологическая модель процесса функционирования системы, полученной в ходе стратегической идентификации объекта моделирования. Затем на ее базе была построена информационная модель для решения оперативных задач функционирования системы. Наиболее просто такой переход можно совершить, если оба класса моделей базируются на единой концептуальной модели, используют единую систему базы знаний и имеют единую критериальную систему.

Как было отмечено выше, интегрированная среда создается на основе существующих информационных систем структурных подразделений вуза, решающих свои специфические задачи. Функции большинства структурных подразделений вуза можно отнести к типовым, соответственно, в качестве компонентов их информационных систем могут быть использованы типовые модули и надежные шаблоны, многократно протестированные в других системах [5].

Интегрированная среда вуза должна иметь единое входное окно для всех пользователей и предоставлять свои сервисы как через локальную сеть вуза, так и через глобальную сеть Интернет. Процедуры взаимодействия пользователей с интегрированной средой технического вуза поясняет Use case диаграмма, представленная на рис. 2 [4]. Пользователи среды подразделяются на три категории: Сотрудник, Преподаватель и Студент. Вход в систему предусматривает авторизацию, по результатам которой пользователи имеют возможность воспользоваться сервисами системы в зависимости от предоставленных им прав.

Обобщенная модель архитектуры интегрированной среды технического вуза представлена на рис. 3.

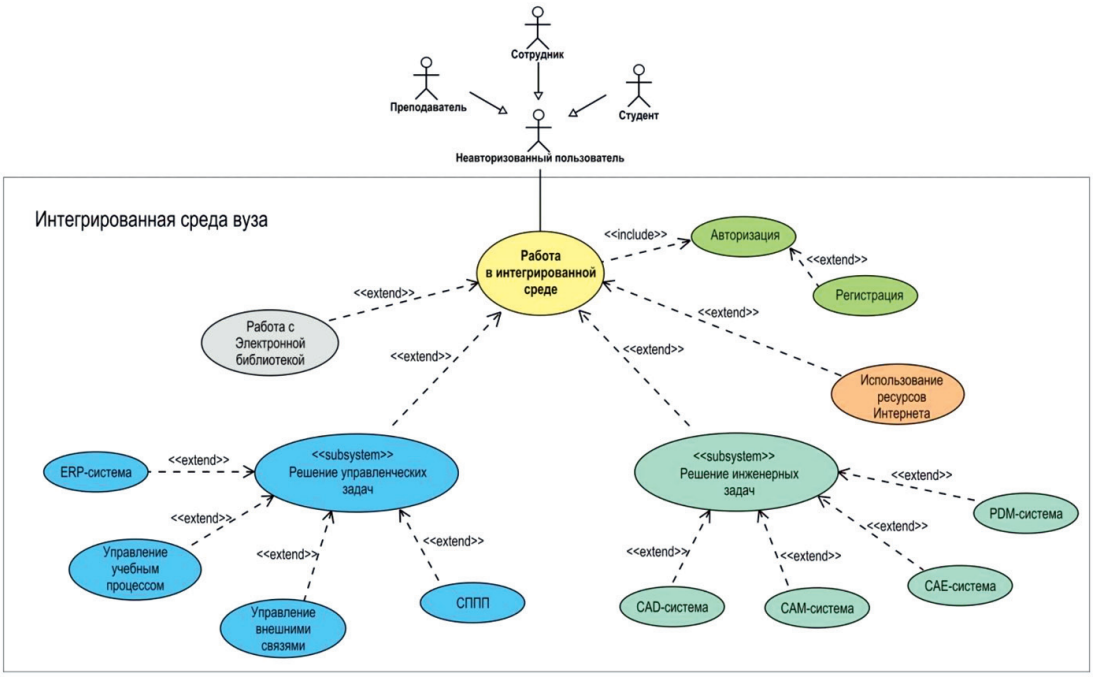


Рис. 2. Use case диаграмма интегрированной среды технического вуза

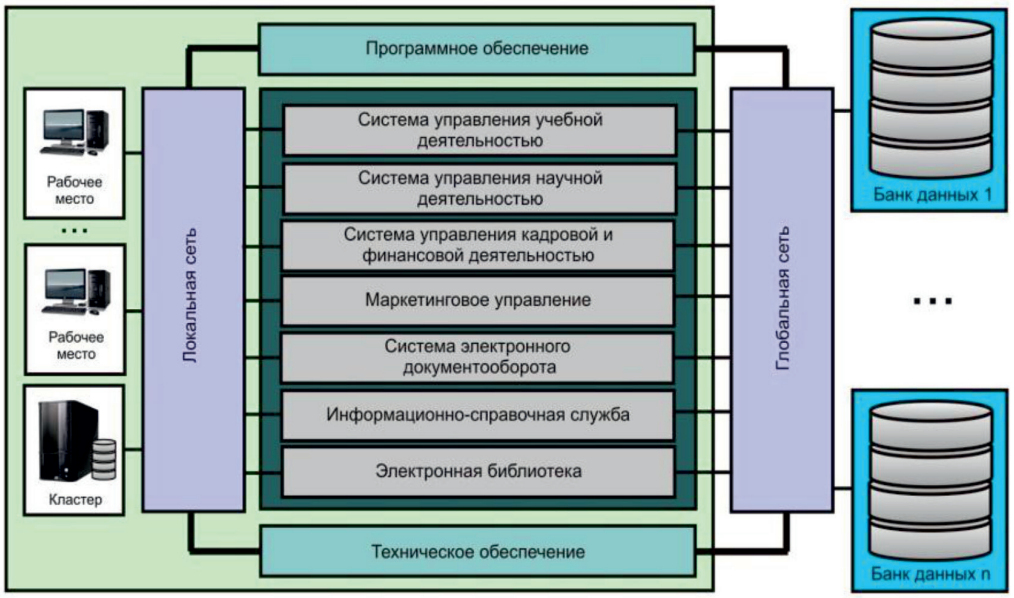


Рис. 3. Модель архитектуры интегрированной среды вуза

Отличительными особенностями предлагаемой интегрированной информационной среды технического вуза являются: предоставление возможности пользователям, имеющим соответствующие права доступа, получения целостной картины деятельности структурных подразделений, отдельных сотрудников, преподавателей и студентов; повышение качества подготовки бакалавров и магистров посредством предоставления преподавателям и студентам комплексных, взаимодействующих друг с другом программных продуктов; сокращение финансовых средств на приобретение лицензионного программного обеспечения.

Внедрение интегрированной информационной среды технического вуза позволит обеспечить комплексный подход к анализу и управлению всеми сферами деятельности вуза, значительно повысить эффективность образовательной и научно-исследовательской деятельности, а также взаимодействие вуза с другими отечественными и зарубежными вузами и учреждениями.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного анализа существующих отечественных и зарубежных информационных систем, используемых для автоматизации деятельности структурных подразделений вузов, выявлены основные недостатки этих систем с точки зрения их комплексного функционирования и взаимодействия друг с другом, а также с другими вузами-партнерами и учреждениями. Определены характерные особенности программных компонентов интегрированной среды вуза, среди которых:

– открытая архитектура;

– широкое применение технологий открытого программного обеспечения;

– кроссплатформенность;

– использование типовых модулей и шаблонов;

– строгое разграничение прав пользователей;

– обеспечение безопасности хранения, обработки и передачи данных.

Интеграция информационных систем структурных подразделений вуза в единую среду позволит значительно повысить качество подготовки бакалавров и магистров, эффективность проводимых научных исследований, поднять на новый высокий уровень мониторинг деятельности структурных подразделений, улучшить взаимодействие вуза с вузами-партнерами и учреждениями внутри страны и за рубежом.

Список литературы

1. Информационные системы и технологии: Научное издание / Под ред. Ю.Ф. Тельнова. М.: ЮНИТИ, 2016. 303 с.

2. Советов Б.Я., Цехановский В.В. Информационные технологии: теоретические основы: учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. 448 с.

3. Укуев Б.Т. Теория и методы моделирования управленческих и инженерных задач на базе новых информационных технологий. Бишкек: Илим, 2014. 220 с.

4. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами. Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. 550 с.

5. Минеева О.П. Использование информационно-коммуникационных технологий в высшем профессиональном образовании // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 2. С. 61–62.

УДК 621.391

МОДЕЛЬ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

[1]Уланов Е.А., [2]Горшков К.А., [1]Никитин О.Р.

[1]ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: evgeniyulnv@rambler.ru;
[2]ФГАОУ ВО НИУ «Высшая школа экономики», Москва, e-mail: godograf@list.ru

Процессы, затрагивающие всевозрастающую роль цифровых технологий в оказании социально значимых услуг населению, требуют разработки технических средств и программ для их успешной реализации. Важным аспектом является сетевая организация систем по передаче данных, наличие которой приводит к необходимости решения проблем, связанных с защищенностью информации средствами программно-аппаратных модулей; с выбором физической среды транспорта данных; а также с правильно построенной структурной организацией. Технические решения в преодолении таких затруднений являются эффективными для задач оказания своевременной медицинской помощи в рамках создания телемедицинской сети. В работе рассматривается математическая модель структурной организации региональной иерархической инфокоммуникационной сети телемедицины, в качестве которой предлагается использовать ориентированный граф на множестве узлов различных структурных уровней. Орграф системы позволяет представить логическую топологию сети телемедицины. Математическая формализация процесса задания такого графа представлена объединением когерентных цепей для элементов эквидистантного множества и матрицей инцидентности. С помощью перестановок по графу, а также операции их бинарного умножения продемонстрирована возможность алгоритмизации процесса сбора данных в узел регионального назначения на примере 17 и 113 вершин. Выявлено наличие конвергентных свойств перестановок по ориентированному графу инфокоммуникационной сети.

Ключевые слова: инфокоммуникационная сеть телемедицины, ориентированный граф сети, конвергентные графы структуры

MODEL OF THE REGIONAL INFOCOMMUNICATION NETWORK OF TELE-MEDICINE

[1]Ulanov E.A., [2]Gorshkov K.A., [1]Nikitin O.R.

[1]Vladimir State University n.a. A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: evgeniyulnv@rambler.ru;
[2]National Research University Higher School of Economics, Moscow, e-mail: godograf@list.ru

The processes that affect the ever-increasing role of digital technologies in providing socially important services to the population require the development of technical tools and programs for their successful implementation. An important aspect is the network organization of data transmission systems, the presence of which leads to the need to solve problems related to the protection of information by software and hardware modules; with the choice of the physical environment for data transport; as well as with a correctly constructed structural organization. Technical solutions to overcome such difficulties are effective for the task of providing timely medical assistance in the creation of a telemedicine network. The mathematical model of the structural organization of the regional hierarchical infocommunication network of telemedicine is considered in the work. It is suggested to use the oriented graph on the set of nodes of different structural levels. The system's digraph allows us to represent the logical topology of the telemedicine network. The mathematical formalization of the process of specifying such a graph is represented by the combination of coherent chains for elements of an equidistant set and an incidence matrix. With the help of permutations along the graph, as well as the operations of their binary multiplication, the possibility of algorithmizing the process of data collection to a regional node is demonstrated using the example of 17 and 113 vertices. The presence of convergent properties in permutations along the oriented graph of the infocommunication network has been revealed.

Keywords: info-communication network of telemedicine, oriented graph of network, convergent graphs of structure

В связи с активным переходом различных социальных сфер в формат среды данных, а также развитием средств по оказанию своевременной медицинской помощи независимо от территориальной локации актуальным становится ряд задач по созданию высокоэффективной системы телемедицины [1]. Создание регионального сегмента сети телемедицины, как и общей федеральной системы, требует рассмотрения важных аспектов, связанных в первую очередь со структурой (логической или физической топологией), выбором физической среды передачи данных, вопросами кибербезопасности и функционального назначения [2, 3]. В работе будет рассмотрен аспект, затрагивающий структурную организацию инфокоммуникационной сети телемедицины на примере Владимирской области. Цель работы – разработка математической модели инфокоммуникационной сети телемедицины для автоматизации процессов передачи данных и повышения эффективности её функционирования.

Организационная структура инфокоммуникационной сети телемедицины

Структурная организация, то есть непосредственная модель, описывающая и регламентирующая взаимодействие участников сеанса оказания медицинской услуги в удаленном режиме (врач – врач или врач – пациент), может быть реализована как одноранговая сеть, в которой все узлы функционально равноправны и каждый узел может связываться с любым другим непосредственно, и как иерархическая сеть [4], в которой сбор данных осуществляется в определённых узлах, данные дифференцируются по специфике обращения и перераспределяются на узлы другого структурного уровня. Одноранговая сеть (или точнее подсеть) телемедицины уже реализована во Владимирском регионе посредством телефонных линий связи для задач консалтинга в профессиональной среде врачей, однако для подключения нескольких специалистов (для решения, к примеру, неординарных случаев или при фронтальном обучении специалистов муниципального уровня) требуется централизация, и сеть перестает быть пиринговой. Регламентируется этот процесс положением, в котором прописан порядок обращения медицинских работников в случае необходимости консультирования. Взаимодействие врач – пациент наиболее эффективно реализуется в иерархической структуре взаимодействия. Представим данную сеть в виде графа связности узлов различного уровня (рис. 1), несложно заметить наличие самоподобия сети и фрактальный характер топологии [5]. Данные о состоянии человека начинают формироваться на уровне индивидуальной диагностики (рентгенологические снимки, УЗИ, магнитно-резонансные исследования – ранее сформированные данные, а также информация, полученная, например, в результате работы кардиостимуляторов – мгновенные данные) – это так называемый биометрический уровень. Далее, при необходимости либо в экстренном порядке, данные передаются в медицинское учреждение муниципального уровня, в котором перераспределяются: часть данных направляется к специалистам в пределах муниципального округа, часть – в региональный центр телемедицинской сети. На каждом уровне (биометрическом, муниципальном, региональном) требуется принимать решение об отправлении пакета данных на узел следующей иерархической ступени, что может осуществляться либо вручную, либо автоматически. Второй вариант предпочтительнее, поскольку уменьшает время на буферизацию и исключает человеческий фактор ошибки. Программы, осуществляющие автоматическое перераспределение информации, могут базироваться на способах индикации по ключевым словам, квалиметрическим оценкам по результатам диагностики, специальным маркерам, указанным на узле нижнего структурного уровня.

Математическая модель структурной организации сети

В качестве модели, отражающей такое устройство сети, может быть предложен ориентированный граф на множестве узлов биометрического, муниципального и регионального уровней (рис. 1). Для удобства дальнейшего представления присвоим каждой вершине графа числовое значение, а ребрам – соответствующее значение x_j. Ориентированный граф (на карте региона уже определена своеобразная кластеризация по критерию муниципального деления) может быть задан процедурой роста некоторого эквидистантного множества $eq(a, n)$, уровня n ($n = 3$), указывающего на структурный уровень сети [6]. Вектор $v(a_i, a)$ демонстрирует наличие связи между вершинами a_i и a:

$$eq(a,n)=eq(a_i,n)+v(a_i,a). \qquad (1)$$

Формируются координационные окружности $eq(a, n)$, центры которых находятся в соответствующих вершинах a_1, a_2, a_3. Цепь, заданную следующим образом [6]:

$$p: a_i \to b_1 \to \cdots \to b_{s-1} \to a_i', \qquad (2)$$

следует считать лучом, если выполняется условие, что расстояние между двумя вершинами $d(a_i, a_i')=s$ является геодезическим. Выражения b_i обозначают промежуточные узлы цепи от a_i до a_i'.

Теперь для задания полного графа потребуется найти объединение всех лучей длины s, выходящих из вершин $a_i - p(a_i, s)$

$$P_G = \bigcup_{1\le i\le f} \bigcup_{1\le s\le f} p(a_i,s). \qquad (3)$$

Когерентные цепи такого графа удобно представить как

$$p = p_s \to \cdots \to p_s \text{ ` } (k - \text{раз}). \qquad (4)$$

Автоматизация процесса передачи пакетов данных по такой сети может быть осуществлена на основе подхода кластеризации или заданием ориентированного графа сети, перестановки по которому образуют замкнутое множество относительно операции их бинарного умножения [7]. Продемонстрируем это на участке сети. Для простоты расчета выделим небольшой фрагмент сети, включающий взаимосвязь на уровнях Александров – Владимир. Зададим ориентированный граф графически (рис. 2).

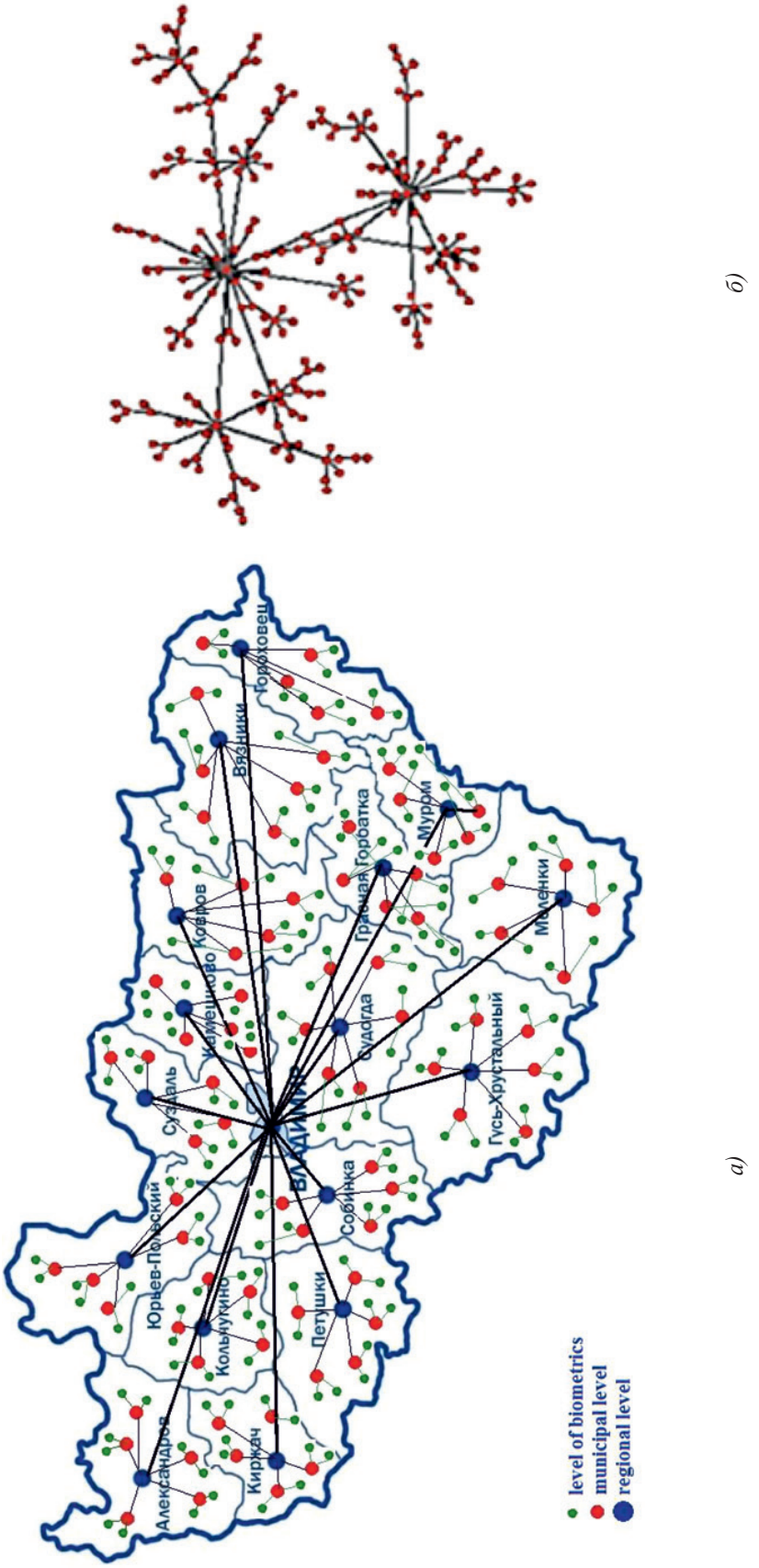


Рис. 1. Пример ориентированного графа сбора данных на примере территориального деления Владимирской области – а); топология самоподобного графа – б)

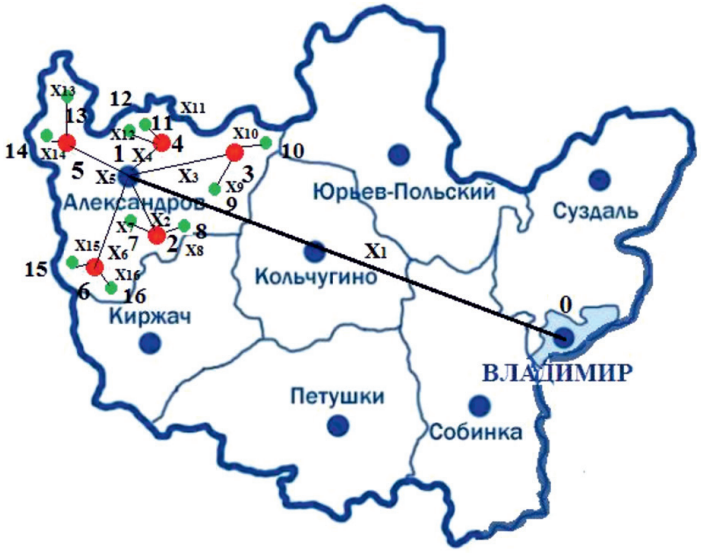


Рис. 2. Орграф на участке сети, демонтирующий связь на всех структурных уровнях

Ориентированный граф, представленный семнадцатью вершинами и шестнадцатью ребрами, можно задать также с помощью матрицы инцидентности, определяющей структуру графа:

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

Столбцы в матрице соответствуют вершинам (с 0 по 16), а строки – ребрам. Веса элементов заданы в соответствии с правилом, по которому строится матрица инцидентности [8]:

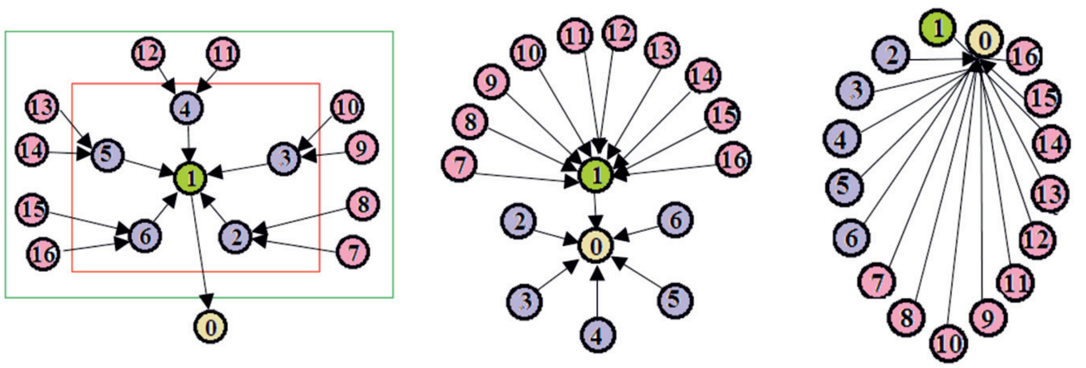
$$M_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } V_i - \text{конец ребра } x_j \\ -1, \text{если } V_i - \text{начало ребра } x_j \\ 0, \text{если } V_i \text{ неинцидентна } x_j \end{cases}.$$

Перестановки на орграфе сети.
Обсуждение результатов

Занумеруем вершины графа и зададим перестановки по графу следующим образом (рис. 2):

$$g[1]=\begin{pmatrix}0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16\\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 3 & 3 & 4 & 4 & 5 & 5 & 6 & 6\end{pmatrix}$$

g[0] = (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16);	**g[0]**	**g[1]**	**g[2]**	**g[3]**
g[1] = (0 0 1 1 1 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6);	**g[1]**	**g[2]**	**g[3]**	**g[3]**
g[2] = (0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1);	**g[2]**	**g[3]**	**g[3]**	**g[3]**
g[3] = (0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0);	**g[3]**	**g[3]**	**g[3]**	**g[3]**



а) *б)* *в)*

Рис. 3. Визуализация структуры преобразований g[1] – а), g[2] – б), g[3] – в)

Визуализация престановок, представленная на рис. 3, позволяет заметить наличие у **g[3]** конвергентных свойств, поскольку орграф сходится в одной вершине (условно обозначенной за нулевую и соответсвующей узлу регионального центра), названной в работе [9] «римской точкой». Перестановки показывают, на каком структурном уровне аккумулируется информация и в какой узел она уже доставлена.

Для графа, включающего большое число узлов, для прмера приведен граф на рис. 4, аналогичная процедура может быть осуществлена также компьютерными средствами перемоножения перестановок:

g[0] = (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112)
g[1] = (0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 2 2 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8 9 9 10 10 11 11 12 12 13 13 14 14 15 15 16 16 17 17 18 18 19 19 20 20 21 21 22 22 23 23 24 24 25 25 26 26 27 27 28 28 29 29 30 30 31 31 32 32 33 33 34 34 35 35 36 36 37 37 38 38 39 39 40 40 41 41 42 42 43 43 44 44 45 45 46 46 47 47 48 48)
g[2] = (0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6 7 7 7 7 8 8 8 8 9 9 9 9 10 10 10 10 11 11 11 11 12 12 12 12 13 13 13 13 14 14 14 14 15 15 15 15 16 16 16 16)
g[3] = (0 0)

Таблица бинарного умножения для перестановок приведена ниже:

g[0]	**g[1]**	**g[2]**	**g[3]**
g[1]	**g[2]**	**g[3]**	**g[3]**
g[2]	**g[3]**	**g[3]**	**g[3]**
g[3]	**g[3]**	**g[3]**	**g[3]**

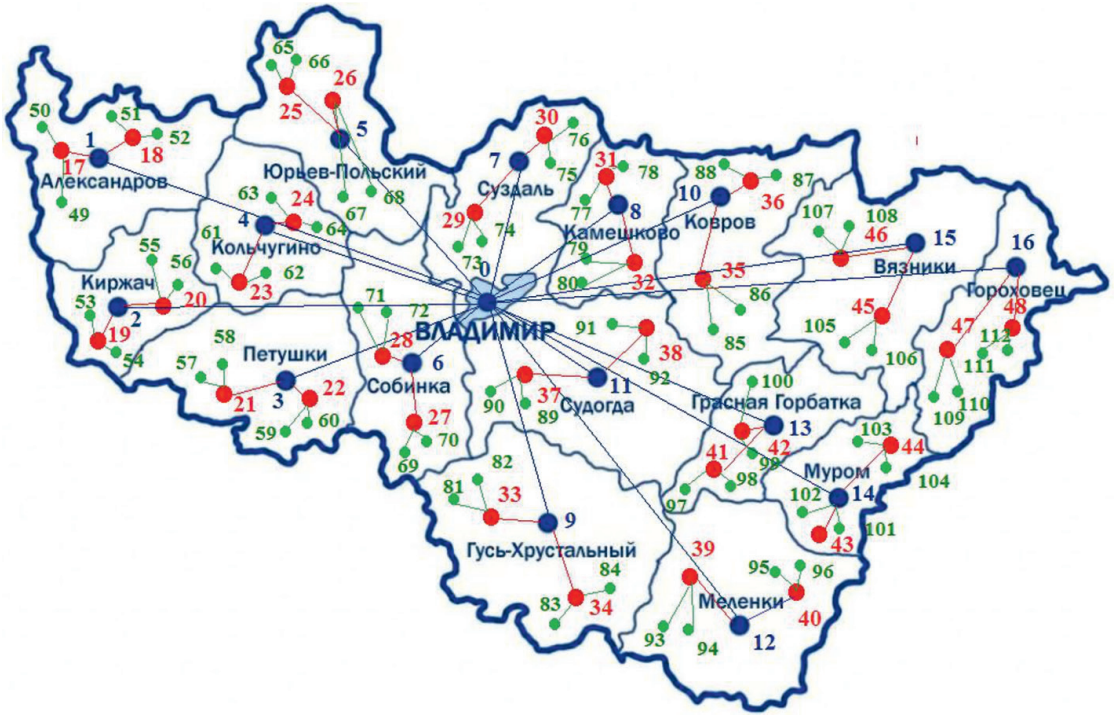


Рис. 4. Орграф региональной сети со 113 вершинами

На модельном графе, включающем 113 узлов (0–112), за три этапа (что соответствует иерархическому разделению) пакеты данных доставляются в центральный узел (центр регионального консультирования), алгоритм перераспределения данных, базирующейся на перемножении перестановок по графу, позволяет ускорить и автоматизировать процесс обработки данных на отдельных узлах.

Выводы

В работе в качестве модели структурной организации региональной инфокоммуникационной сети телемедицины (на примере территориального деления во Владимирской области) предложен ориентированный граф. Показаны способы задания такого графа в виде объединения когерентных цепей, включающих в себя вершины, принадлежащие эквидистантному множеству (4), а также с помощью определения матрицы инцидентности. Перестановки на орграфе, а также операции их бинарного умножения позволяют задать алгоритм, автоматизирующий процесс сбора данных в узел регионального структурного уровня, а сами перестановки обладают конвергентными свойствами. Стоит отметить, что данный алгоритм, как и сам ориентированный граф, который он описывает, характеризуют процесс сбора данных в узел регионального уровня. Чтобы описать обратный процесс (к примеру, сообщение результатов заключения врача пациентам), требуется либо задавать уже неориентированный граф, либо создавать отдельную структуру (непосредственное доставление информации к пациенту, минуя уровни-медиаторы).

Список литературы

1. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья: Федеральный закон от 29.07.2017 № 242-ФЗ // Российская газета – Федеральный выпуск от 4 августа 2017 г. № 172 (7338). С. 3–5.

2. Гусев А.В., Романов Ф.А., Дуданов И.П., Воронин А.В. Информационные системы в здравоохранении. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. 120 с.

3. Леванов В.М., Переведенцев О.В., Сергеев Д.В., Никольский А.В. Нормативное обеспечение телемедицины: 20 лет развития // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2017. № 3. С. 5–8.

4. Горшков К.А., Никитин О.Р., Рау Т.Ф., Рау Т.Ф. Иерархические сети в модели дискретного пространства сети // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 4(385). С. 141–145.

5. Базилевич Л.А. Моделирование организационных структур. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. 118 с.

6. Журавлев В.Г. Самоподобный рост периодических разбиений и графов // Алгебра и анализ. 2001. № 13. С. 69–92.

7. Rau V.G., Nikitin O.R., Gorshkov K.A., Saleh H.M., Rau T.F. Cyclic partitions in nanoelectronics. Nano-cluster circular systems. Electronic and Networking Technologies (MWENT). 2018. vol. 70. № 1. P. 1–6.

8. Карпов Д.В. Теория графов. СПб.: Санкт-Петербургское отделение Мат. института им. В.А. Стеклова РАН. 2017. 482 с.

9. Рау В.Г., Ломтев Л.А., Рау Т.Ф., Горшков К.А., Никитин О.Р. Компьютерные эксперименты в группах подстановок с нарушенной симметрией // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 3. С. 43–49.

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ МЕДИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Цыганов С.Н.

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва, e-mail: tsyganov93@gmail.com

Настоящая статья посвящена разработке инструментального комплекса в виде интегрированной медико-экономической платформы для управления экономической деятельностью медицинских организаций, позволяющего повысить эффективность работы организаций в условиях трансформации модели финансирования и усиления конкуренции на рынке платных медицинских услуг. В основу инструментального комплекса заложена модель управления экономической деятельностью медицинских организаций, направленная на обеспечение экономической рентабельности и устойчивое функционирование организации. Обоснована необходимость реализации модели с применением методов комплексной автоматизации, определены особенности работы в едином информационном пространстве. Изложены концептуальные и технологические основы реализации модели, рассмотрены практические вопросы применения, эффекты от внедрения, перспективы и направления развития. Разработанная интегрированная медико-экономическая платформа включает комплекс программных модулей в составе: автоматизированной системы управления стоимостью медицинских услуг, системы управления взаимоотношениями с пациентами, а также модулей для автоматизации работы экономической и кадровой служб, кассового узла, старшего медицинского персонала, лабораторий и кабинетов профпатологии. Инструментальный комплекс позволяет генерировать план по управлению закупками медикаментов и расходных материалов, управлению закупками и техническим обслуживанием медицинского оборудования, управлению персоналом и фондом оплаты труда, управлению финансами.

Ключевые слова: медико-экономическая платформа, медицинская организация, модели управления, медицинская информационная система, платные медицинские услуги

DEVELOPMENT OF THE INTEGRATED MEDICAL-ECONOMIC FRAMEWORK FOR MANAGEMENT OF ECONOMIC ACTIVITY OF HEALTH CARE ORGANIZATIONS

Tsyganov S.N.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: tsyganov93@gmail.com

This paper is devoted to the development of the instrumental complex in the form of the integrated medical-economic framework for management of economic activity of health care organizations, which allows to increase the organizational performance in conditions of transformation of the financing model and strengthening competition in the market of paid medical services. The instrumental complex is based on the integrated management model of economic activity of health care organizations aimed at ensuring economic profitability and sustainable functioning of the organization. The necessity of the model realization with application of methods of integrated automation is grounded, the features of work in Common Information Space are determined. The conceptual and technological foundations of the model are described, practical issues of application and effects of the implementation are considered. The developed integrated medical-economic framework includes a complex of software modules consisting of automated system for managing the cost of medical services, patient relationship management system and modules for automating the activity of economic and personnel services, cashier, senior medical personnel, laboratories and occupational pathology services. The tool complex allows to generate a plan for managing purchases of medicines and supplies, procurement management and technical maintenance of medical equipment, personnel, payroll and financial management.

Keywords: medical-economic framework, health care organization, integrated management model, health care information system, paid medical services

Применяемые на практике традиционные модели управления медицинскими организациями (МО) малоэффективны в условиях перманентного реформирования системы здравоохранения и негативных отраслевых факторов, поскольку ориентируются исключительно на оказание медицинской помощи. Для устойчивого функционирования и развития МО требуется применение новых технологий немедицинского характера, среди которых значительный интерес представляют передовые формы и методы автоматизации, менеджмента, экономического и финансового анализа. Повышение эффективности управления и качества оказания услуг требует применения новых моделей управления на основе информационно-технологических инструментов для сбора, обработки и глубокого анализа данных, разработанных с учетом региональной и отраслевой специфики. Потребность в таких инструментах

обуславливает актуальность проектирования и разработки новых инструментальных средств для управления экономической деятельностью МО.

Целью исследования является разработка инструментального комплекса в виде интегрированной медико-экономической платформы для управления экономической деятельностью медицинских организаций, позволяющего повысить эффективность работы организаций в условиях трансформации модели финансирования и усиления конкуренции на рынке платных медицинских услуг.

Материалом исследования являются разнородные медицинские и экономические данные, необходимые для управления экономической деятельностью МО. Разнородность проявляется в форме источника поступления (слабо структурированные источники данных из подразделений, используемые автоматизированные информационные системы (АИС), оборудование, сервисы Internet of Things (IoT), внешние ИТ сервисы и др.), представления (графические данные – рентгенограммы, схемы, чертежи, электронные таблицы, файлы, полученные в результате экспорта из учетных систем), структуре и форматах данных. Анализ данных осуществляется на основе экономико-математических методов, а также методов и принципов структурного, системного, комплексного и экспертного анализов. В качестве программных инструментов для моделирования используются программные продукты Microsoft Visio, Microsoft Excel, ERwin Process Modeler. В процессе разработки используются программные конфигурации: операционные системы семейства Windows и Windows Server, среда разработки Microsoft Visual Studio и СУБД Microsoft SQL Server.

Модель управления экономической деятельностью

В условиях конкурентного рынка платных медицинских услуг (ПМУ) связующим звеном между врачами, пациентами и другими субъектами рынка становится экономическая служба. На рис. 1, иллюстрирующем модель управления экономической деятельностью МО, обозначены основные функциональные звенья экономической службы и их взаимосвязь с субъектами рынка и подразделениями МО [1].

Разработанная модель направлена на обеспечение экономической рентабельности и устойчивое функционирование МО за счет эффективного управления экономикой, предоставления качественных медицинских услуг, а также привлечения новых пациентов. Проведенные исследования показали, что реализация модели возможна только в рамках единого информационного пространства МО с широким использованием современных методов и средств автоматизации, поскольку традиционные подходы не способны решить задачу комплексной автоматизации экономической деятельности МО [2, 3].

Целесообразность работы в едином информационном пространстве для эффективного управления экономической деятельностью МО обусловлена необходимостью регистрации и учета всех происходящих событий и включает регистрацию пациентов, полный учет движения материальных, трудовых и финансовых ресурсов, регистрацию действий персонала, регистрацию экономических последствий каждого действия в отношении пациента и т.д. Все различные информационные системы (ИС), сопровождающие бизнес-процессы в МО, должны быть объединены в единую ИС. Используя данные, накопленные в единой ИС, можно создать инструмент управления экономикой МО [4, 5].

В блок медицинской информационной системы (МИС) входят следующие элементы: администрирование потоков пациентов, электронная медицинская карта (ЭМК), система поддержки принятия решений (СППР) для врачей, Digital Health (цифровое здравоохранение: mHealth, телемедицина, системы наблюдения за пациентами и т.п.), система управления взаимоотношениями с пациентами (CRM, биллинг, маркетинг). В блок информационной системы вспомогательных и диагностических служб входят: лабораторная информационная система (ЛИС), аптечный склад, радиологическая информационная система (РИС), системы передачи и архивации DICOM изображений (PACS), регистр лекарственных средств РЛС + . Финансово-хозяйственная система МО включает следующие блоки: бухгалтерский учет, управление кадрами, управление материальными ресурсами (контроль расхода медикаментов, обслуживание оборудования, управление закупками), маркетинг, финансовое планирование (управление рисками, бюджетирование, отчетность, инструменты для анализа) [6].

Инструментальный комплекс в виде медико-экономической платформы позволит в режиме реального времени осуществлять планирование и мониторинг деятельности МО, а также быстро реагировать на изменяющиеся условия рынка (изменение спроса, изменение предпочтений, появление новых конкурентов).

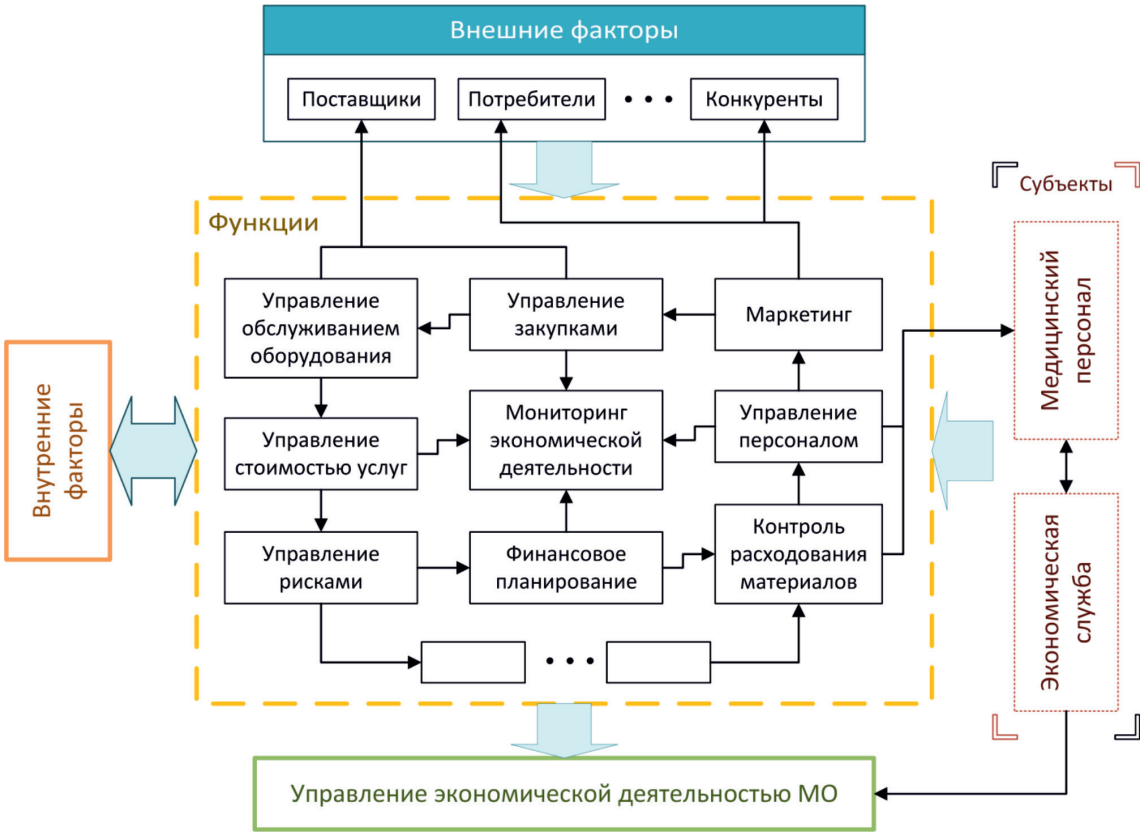


Рис. 1. Модель управления экономической деятельностью МО

Разработка хранилища данных

Разработку медико-экономической платформы для управления экономической деятельностью МО предлагается начать с создания хранилища данных (ХД), обеспечивающего доступ к разнородной информации, находящейся в нескольких внешних источниках, и направленного на интеграцию локальных подмножеств данных МО и предобработку данных для экономической службы в различных аналитических срезах. Применение технологии ХД обуславливается разнородностью данных, а также требованиями по аналитической обработке и представлению исходных данных.

Цель создания хранилища данных – сбор и хранение информации из различных разрозненных источников и ее многомерное представление в удобном формате, соответствующем управленческим и аналитическим потребностям МО.

Хранилище данных решает следующие задачи:

1. Объединение данных из многих разнотипных источников.

2. Обеспечение совместного доступа к данным.

3. Предобработка данных для их представления в различных аналитических срезах для быстрой подготовки отчетности или для дальнейшего анализа.

В основе модели хранилища лежит многомерная модель данных. Основными понятиями многомерной модели данных являются: куб (гиперкуб) данных, факты, показатели (меры), измерения, иерархии, агрегаты, срез. На рис. 2 приведен пример гиперкуба, разработанного для анализа объемов оказанных медицинских услуг.

Три измерения гиперкуба: «Время», «Объем оказанных услуг», «Группа пациентов» – позволяют анализировать факты оказания медицинских услуг в контексте:

– определенного времени (конкретный месяц или квартал определенного года);

– медицинской услуги (конкретные услуги, категории, характер, технологии, уровни медицинской помощи и т.п.);

– группы пациентов (виды договоров, кластеры и профили пациентов).

В гиперкубе отображены как детализированные, так и агрегированные значения показателя «Объем оказанных услуг». Детализированные значения – это факты

оказания медицинской помощи по конкретной услуге за конкретный месяц пациентам из определенной группы. Примером детализированного значения может служить факт оказания медицинской услуги *«B01.065.001 – Прием (осмотр, консультация) врача – стоматолога-терапевта»* в феврале 2018 г. пациентам по договору добровольного медицинского страхования (ДМС) – 150 услуг на сумму 100 000 руб. Примером агрегированного значения в рассматриваемом гиперкубе могут быть все оказанные ПМУ в феврале 2018 г. пациентам по ДМС – 690 услуг на сумму 5 млн руб.

Сценарий функционирования хранилища данных

На рис. 3 представлена функциональная схема ХД, лежащего в основе интегрированной медико-экономической платформы для управления экономикой МО.

По заданному регламенту в ХД собираются данные из различных источников – базы данных (БД) МИС, БД вспомогательных служб (лаборатории, аптеки и др.) и БД финансово-хозяйственных систем. Данные приводятся к единому формату, согласовываются, обогащаются и агрегируются до минимально требуемого уровня обобщения. После этого пользователи с помощью административных модулей получают необходимую информацию для построения табличных и графических представлений, прогнозирования, моделирования и выполнения других аналитических задач. В хранилище поддерживается хронология: наравне с текущими хранятся исторические данные с указанием времени, к которому они относятся. ХД позволяет осуществлять мониторинг данных о финансово-хозяйственной деятельности МО, который достигается путем применения методов интеллектуального анализа.

Медико-экономическая платформа

Инструментальный комплекс в виде интегрированной медико-экономической платформы включает комплекс программных модулей в составе: автоматизированной системы управления стоимостью медицинских услуг, системы управления взаимоотношениями с пациентами, а также модулей для автоматизации работы экономической, административной, медицинской и кадровой служб и позволяет генерировать план по управлению закупками медикаментов и расходных материалов, управлению закупками и техническим обслуживанием медицинского оборудования, управлению персоналом и фондом оплаты труда (ФОТ), управлению финансами.

Накопленная в ХД информация по фактически оказанным медицинским услугам является базой для прогнозирования объема оказания услуг для внесения в бизнес-план и извлекается с помощью модуля «Автоматизированное рабочее место (АРМ) экономиста».

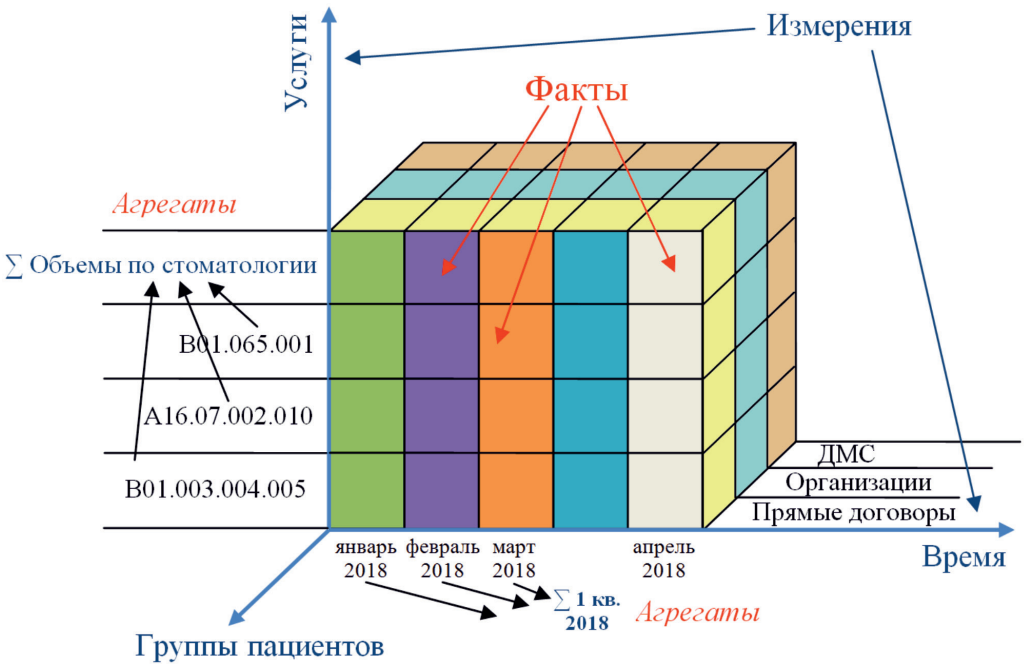


Рис. 2. Пример куба данных для анализа объемов оказанных медицинских услуг

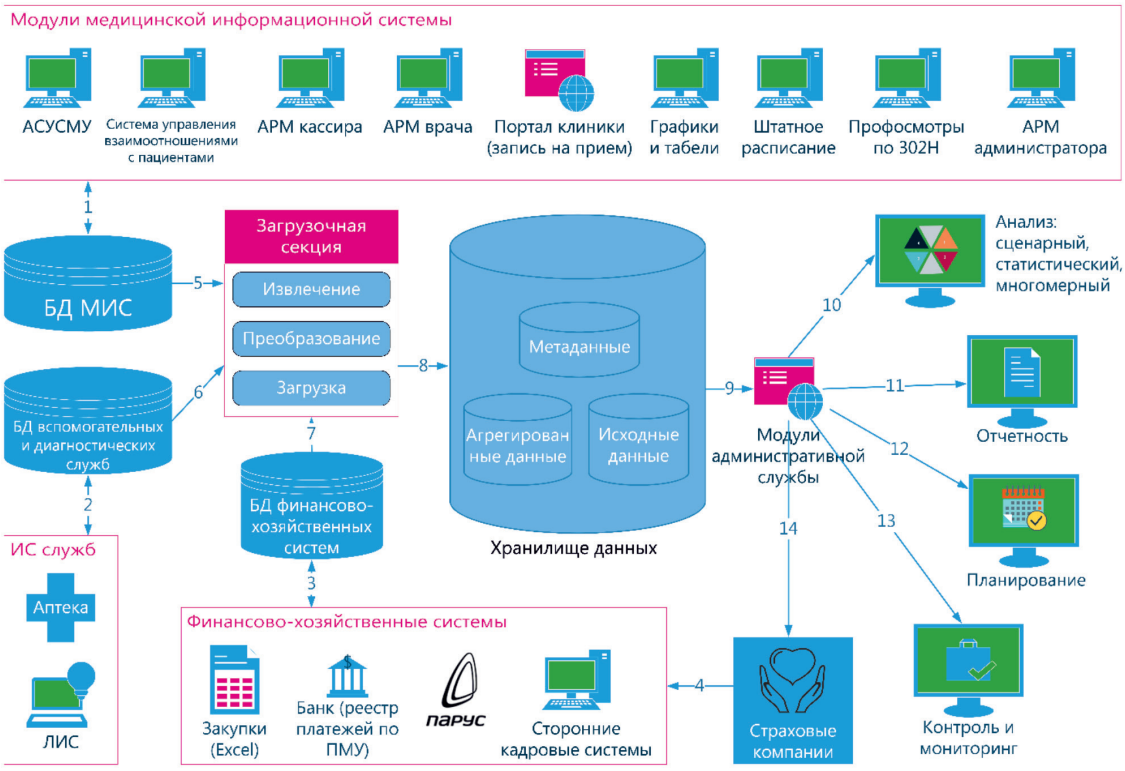


Рис. 3. Функциональная схема хранилища данных

Код услуги	Наименование услуги		
П-О1	Прием врача-стоматолога ортодонта первичный консультация)		
А-4	Сочетанная анестезия		
П-С2	Прием (осмотр, консультация) врача-стоматол повторный		
П-С19	Удаление старой пломбы		
П-С22	Изолирующая прокладка		
П-С26	Восстановление зуба композитом светоотвержд поверхности)	84	207 520,00
П-С33	Шлифовка полировка пломбы	234	69 337,03

Рис. 4. Программный модуль «АРМ экономиста медицинского учреждения»

Структурные модели себестоимости медицинских услуг, заложенные в «Автоматизированной системе управления стоимостью медицинских услуг» и содержащие нормы расхода медикаментов и расходных материалов, нормы использования оборудования, нормы трудозатрат, в сочетании с прогнозным значением количества услуг, полученным при помощи прогностического ядра подсистемы планирования, позволяют определить необходимые ресурсы для выполнения бизнес-плана [7].

Инструментальный комплекс в виде интегрированной медико-экономической платформы для управления экономической деятельностью МО успешно прошел апробацию в ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ, ГБУЗ «Инфекционная клиническая больница № 2 ДЗМ», ГБУЗ «Стоматологическая поликлиника № 19 ДЗМ», частном медико-диагностическом центре «Маир Медика» и других московских и региональных медицинских центрах.

Заключение

Интегрированная медико-экономическая платформа включает комплекс программных модулей для автоматизации работы экономической, административной, медицинской и кадровой служб. В основу инструментального комплекса заложена модель управления экономической деятельностью МО, направленная на обеспечение экономической рентабельности и устойчивое функционирование МО. Ожидаемыми эффектами от внедрения платформы являются повышение эффективности экономической деятельности МО и качества медицинской помощи за счет накопления и предоставления качественных медицинских данных в структурированном и формализованном виде. Медико-экономическая платформа позволяет не только унифицировать рабочие процессы и снизить временные затраты на работу с документами, но и проводить анализ загруженности МО, отдельных врачей и отделений, а также формировать отчетность об оказанных медицинских услугах в различных разрезах и управлять процессом ценообразования на основе расчета экономически обоснованных плановых или нормативных затрат материальных и трудовых ресурсов. Использование инструментального комплекса позволит повысить не только эффективность управления экономической деятельностью МО, но и качество оказания медицинской помощи в целом.

Список литературы

1. Титов В.А., Цыганов С.Н. Математические методы и инструментальные средства повышения эффективности деятельности медицинских организаций // Открытое образование. 2016. Т. 20. № 6. С. 70–76.

2. Wager K.A., Lee F.W., Glaser J.P. Health Care Information Systems: A Practical Approach for Health Care Management. John Wiley & Sons, 2017. 608 p.

3. Карпов О.Э., Гавришев М.Ю., Шишканов Д.В. Интеграция медицинской информационной системы и системы административно-хозяйственной деятельности как инструмент оптимизации процессов медицинской организации. Отдельные проблемы и пути их решения // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 9–1. С. 46–50.

4. Вокина С.Г., Зотов В.А. Современные подходы к управлению клиникой на основе структурного моделирования себестоимости платных медицинских услуг // Вестник Университета Правительства Москвы. 2017. № 3. С. 5–11.

5. Hoyt R.E., Yoshihashi A.K. Health Informatics: Practical Guide for Healthcare and Information Technology Professionals lulu.com; 6th edition, 2014. 534 p.

6. Цыганов С.Н. Разработка и реализация модели управления экономической деятельностью медицинской организации в условиях конкурентного рынка платных медицинских услуг // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2018. № 1 (5). С. 228–236.

7. Вокина С.Г., Зотов В.А. Автоматизация калькуляции медицинских услуг: путь от проблемы к программному комплексу // Системный администратор. 2015. № 9 (154). С. 92–95.

УДК 004.021:332.8

ОРГАНИЗАЦИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕГИОНА

[1,2]Черников Б.В., [2]Попов А.А.

[1]ООО «Газпром ВНИИГАЗ», п. Развилка, Московская обл., e-mail: bor-cher@yandex.ru;
[2]Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: a1710p@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы создания единого информационного пространства жилищно-коммунального хозяйства региона с учетом возможного внедрения в управление устройств Интернета вещей. Приведены бизнес-процессы, типичные для большинства организаций в сфере управления жилищно-коммунальным хозяйством. Формирование единого информационного пространства предлагается осуществлять на основе следующих компонентов: Государственной информационной системы (ГИС) ЖКХ, уже использовавшихся до создания ГИС ЖКХ информационных систем, а также использующих облачные информационные сервисы и устройства Интернета вещей. Установлено, что в Российской Федерации отсутствует единый подход к использованию устройств Интернета вещей для управления жилищно-коммунальным хозяйством. Разработана обобщенная информационная модель единого информационного пространства жилищно-коммунального хозяйства (ЕИП ЖКХ) с учетом принципа типизации информационных систем. Показано, что использование устройств Интернета вещей будет проходить одновременно с использованием информационных систем, соответствующих более низким уровням готовности к автоматизации организаций по управлению жилищно-коммунальным хозяйством. Определены программные компоненты, необходимые для формирования ЕИП ЖКХ. Приведена структурная модель единого информационного пространства в аспекте состава компонентов. В модели показано, что единое информационное пространство должно обеспечивать работу на четырех уровнях управления: население, муниципальный уровень, региональный уровень, федеральный уровень. Для построения модели единого информационного пространства с использованием устройств Интернета вещей может быть использована модель консорциума oneM2M («Machine-to-Machine», машинно-машинное взаимодействие), предусматривающая наличие слоя программных приложений для непосредственного управления жилищно-коммунальным хозяйством, слоя общих информационных сервисов для организации взаимодействия между устройствами, а также слоя услуг связи. Сформирована обобщенная структура ЕИП ЖКХ на базе устройств Интернета вещей.

Ключевые слова: Интернет вещей, бизнес-процесс, жилищно-коммунальное хозяйство, модель, единое информационное пространство, информационная система

ORGANIZATION OF A COMMON INFORMATION SPACE FOR HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE REGION

[1,2]Chernikov B.V., [2]Popov A.A.

[1]Gazprom VNIIGAZ, Razvilka, Moscow region, e-mail: bor-cher@yandex.ru;
[2]Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: a1710p@mail.ru

The issues of creating of a single information space for housing and communal services in the region, taking into account the possible introduction of devices of Internet of Things (IoT) management, are discussed in the paper. The business processes that are typical for most organizations in the sphere of housing and communal services management are considered. The formation of a common information space is proposed to be implemented on the basis of the State Information System (SIS) of the housing and communal services, information systems which already was used before the creation of SIS, as well as using cloud information services for IoT. It was found that there is no common approach in Russia for using of the Internet of Things devices for management of housing and communal services. A generalized information model of a common information space for housing and communal services (CIS HCS) has been developed, taking into account the principle of information systems typing. It is shown that the use of Internet devices of things will take place simultaneously with the use of information systems that correspond to lower levels of readiness to automate the management of housing and communal services. The software components necessary for the formation of CIS HCS were identified. A structural model of a single information space is presented in the aspect of composition of components. It's shown that a single information space should provide work on four levels of management: the population, the municipal level, the regional level, the federal level. For the formation of a single information space model using devices of IoT, oneM2M consortium model can be used. This model provides for a layer of software applications for direct management of housing and communal services, a layer of common information services for the organization of interaction between devices, as well as a layer of communication services. A generalized structure of CIS HCS on the basis of the Internet of things was formed.

Keywords: Internet of things, business process, housing and communal services, model, single information space, information system

Современное состояние жилищно-коммунального хозяйства России характеризуется активным развитием информационных систем (ИС), используемых для автоматизации бизнес-процессов, типичных для большинства организаций в данной сфере экономики:

- взаимодействие с ГИС ЖКХ;
- учет информации, характеризующей объекты жилого и нежилого фонда;

● работа с информацией о собственниках и их лицевых счетах;
● осуществление расчетов и начислений;
● учет данных, получаемых с приборов учета;
● учет платежей и задолженностей по оплате жилищно-коммунальных услуг;
● осуществление передачи информации для осуществления паспортного учета;
● взаимодействие с организациями, занимающимися мониторингом состояния и капитальным ремонтом многоквартирных домов;
● учет затрат на содержание многоквартирных домов (МКД) и общего имущества многоквартирных домов;
● взаимодействие с аварийно-диспетчерской службой;
● формирование отчетов различного типа для руководителей организаций по управлению ЖКХ;
● формирование документов различного типа для жильцов многоквартирных домов;
● осуществление бухгалтерского и налогового учета;
● работа с личными кабинетами жильцов многоквартирных домов (с использованием специализированных интернет-порталов (интернет-сайтов) управляющих компаний (которые далее в данной работе будем называть организациями по управлению ЖКХ);
● осуществление оповещений жильцов многоквартирных домов (МКД) по электронной почте или посредством СМС-рассылок (о начисленных платежах, о собраниях жильцов, о ходе выполнения работ по поданным жильцами заявкам, о тарифах на жилищно-коммунальные услуги и их изменении).

Цель исследования. Информационные системы, реализующие в полной мере или частично указанные выше функции, используются в настоящее время для формирования единого информационного пространства (ЕИП) ЖКХ. Ускорить создание ЕИП должен был ввод в эксплуатацию ГИС ЖКХ [1]. Внедрение ГИС ЖКХ проводится одновременно с развитием и внедрением новых информационных технологий (облачных технологий, технологии блокчейн, искусственного интеллекта, технологий M2M и Интернета вещей). Это реализуется в соответствии с принятой в 2017 г. Программой «Цифровая экономика Российской Федерации». Таким образом, при формировании ЕИП ЖКХ необходимо учесть возможность использования таких информационных технологий одновременно с эксплуатацией ГИС ЖКХ. Возможность использования устройств Интернета вещей и ГИС ЖКХ также предусмотрено: «…использование инфраструктуры, обеспечивающей информационно-технологическое взаимодействие информационных систем, для предоставления государственных и муниципальных услуг в электронной форме» [1].

Таким образом, формирование ЕИП ЖКХ должно осуществляться как на базе ГИС ЖКХ и на базе ИС, уже использовавшихся до ввода в эксплуатацию ГИС ЖКХ, так и на базе ИС, использующих облачные информационные сервисы, устройства M2M и Интернета вещей. При этом в нашей стране еще не сформирован единый подход к использованию устройств Интернета вещей для формирования ЕИП ЖКХ [2]. В работе [3] рассмотрены примеры локального использования устройств Интернета вещей на уровне отдельной квартиры, отдельного жилого дома, офиса, отдельного офисного здания. В публикациях об использовании устройств Интернета вещей в управлении ЖКХ обычно не уточняется, на какой платформе будет осуществляться взаимодействие устройств [4, 5]. При этом работа информационных сервисов, использующих устройства Интернета вещей от разных производителей, пока что затруднена вследствие различия стандартов и протоколов взаимодействия устройств Интернета. В работах [6, 7, 8] рассмотрены существующие стандарты для формирования ЕИП «Умных городов» и возможные направления работ по их совершенствованию. Стандарты и протоколы взаимодействия устройств Интернета вещей (или M2M) приведены в [9]. Типаж ИС, используемых в настоящий момент в ЖКХ без использования устройств Интернета вещей, в том числе и для взаимодействия с ГИС ЖКХ, а также соответствующие им структуры информационных пространств организаций по управлению ЖКХ (ОУ ЖКХ), приведены в работе [10]. Использование устройств Интернета вещей для управления ЖКХ соответствует появлению ИС нового (пятого) типа.

Таким образом, исследование вопросов, связанных с формированием ЕИП ЖКХ с использованием устройств Интернета вещей, является актуальным. Поэтому в данной работе решается задача формирования обобщенной структуры ЕИП ЖКХ с использованием устройств Интернета вещей. Цель настоящего исследования – совершенствование подходов к формированию ЕИП ЖКХ. Для этого применены методы теоретического уровня (изучение и обобщение, формализация, анализ и синтез, индукция и дедукция), позволяющие произвести логическое исследование фактов, которые сви-

детельствуют об использовании устройств Интернета вещей в управлении ЖКХ, а также выработать умозаключения и теоретические обобщения о структуре ЕИП ЖКХ при использовании устройств Интернета вещей.

Формирование обобщенной структуры ЕИП ЖКХ в аспекте типизации информационных систем

Первому типу ИС для управления ЖКХ [10] соответствуют ИС, осуществляющие автоматизацию деятельности отдельных служб ОУ ЖКХ. Локальная вычислительная сеть (ЛВС) в ОУ ЖКХ с ИС первого типа отсутствует. Также отсутствует единая для ОУ ЖКХ база данных (базы данных могут быть сформированы для каждой службы ОУ ЖКХ отдельно). Передача данных между службами ОУ ЖКХ осуществляется самими сотрудниками ОУ ЖКХ путем передачи друг другу информации и последующего «ручного» ввода информации с использованием электронных и бумажных носителей информации, по телефону и электронной почте.

Второй тип ИС [10] предусматривает наличие ЛВС в ОУ ЖКХ, которая охватывает в том числе и жильцов многоквартирных домов (МКД). При этом выхода в интернет не производится. Такие ИС требуют расположения абонентов ИС и их компьютеров непосредственно в ОУ ЖКХ. Программные приложения устанавливаются непосредственно на компьютеры абонентов ИС. Информация о деятельности ОУ ЖКХ хранится на сервере, установленном в ОУ ЖКХ. Информационные системы третьего типа для управления ОУ ЖКХ [10] используют веб-интерфейсы для взаимодействия абонентов ИС через сайт ОУ ЖКХ. При этом для ИС третьего типа остаются актуальными несколько требований к ИС второго типа (сервер с базой данных должен располагаться в ОУ ЖКХ, необходимо наличие ЛВС). Выполнение таких функций, как бухгалтерский учет, ведение лицевых счетов, формирование платежных документов, начисление платежей, учет платежей, учет заявок на выполнение работ, в том числе и в случае аварийных ситуаций, производится в ОУ ЖКХ «нижнего» уровня. Организациями по управлению ЖКХ «нижнего» уровня в данной статье будем считать организации, к которым относятся: управляющие компании различных типов, осуществляющие управление многоквартирными дома (ТСЖ, жилищно-эксплуатационные управления и т.д.), а также ресурсоснабжающие организации.

К третьему типу (но с обозначением «три плюс») [10] можно отнести ИС, использующие, как и ИС третьего типа, использующие интернет для информационного обмена. При этом сервер с базой данных располагается в ОУ ЖКХ «верхнего» уровня. Организациями по управлению ЖКХ «верхнего» уровня будем считать органы власти различного уровня, организации, контролирующие платежи в ЖКХ, расчетные центры различного типа, а также организации, осуществляющие надзор за состоянием многоквартирных домов (МКД) и проведением их капитального ремонта. Следует отметить, что для ИС данного типа характерно выполнение части указанных выше функций в ОУ ЖКХ «верхнего» уровня. Для реализации работы ИС третьего типа и типа «три плюс» необходимо подключение услуг операторов телекоммуникаций и связи.

К четвертому типу ИС для управления ЖКХ относятся ИС, в которых реализованы облачные технологии [10]. При использовании ИС 4-го типа не требуется наличия ЛВС в ОУ ЖКХ. Также не требуется расположения сервера непосредственно в ОУ ЖКХ. Для работы ИС четвертого типа необходимо использование телекоммуникационных услуг, а также использование услуг провайдеров облачных сервисов. Местом хранения информация, характеризующей деятельность ОУ ЖКХ, являются центры обработки данных (ЦОД) на территории РФ.

Граница между третьим и четвертым типом ИС становится условной в случае наличия у ИС третьего класса возможности подключения «облачного» модуля. Появление ИС пятого типа связано с внедрением в деятельность ЖКХ технологии Интернета вещей. Использование ИС 1, 2, 3, 3 + и 4 типов [10] предусматривает применение устройств, не являющихся устройствами Интернета вещей (индивидуальные и общие приборы учета на уровне «дом» и «группа домов», а также приборы-контроллеры, консолидирующие передаваемые данные).

Для ИС 1-го типа характерны стационарные приборы с «ручным» съемом информации потребителями ЖКУ с последующей «ручной» передачей в ОУ ЖКХ с помощью средств обмена информацией (рис. 1, 2). Такой обмен информацией показан на рис. 1, 2 в виде пунктирных стрелок.

Приборы учета, передающие в ОУ ЖКХ данные по проводам, характерны для ИС 2-го, 3-го типов и типа «3 + ». Беспроводные приборы используются в ИС 4-го типа и типа «3 + ». В случае использования ИС 5-го типа для сбора и обработки данных применяются устройства Интернета вещей, которые могут выступать в роли приборов учета и контроллеров. На рис. 2 это отра-

жено в виде толстых линий, соединяющих блок «Устройства ИВ» с блоками «Индивидуальные и общие приборы учета («дом»)», «Общие приборы учета («группа домов»)» и «Контроллеры».

Обобщенная структурная модель ЕИП ЖКХ (с точки зрения типов информационных систем, используемых для управления ЖКХ) представлена на рис. 1.

На рис. 1 применены следующие обозначения: $U1$ – количество ОУ ЖКХ «верхнего» уровня, использующих ИС первого, второго и третьего типа [10]; $U2$ – количество ОУ ЖКХ «верхнего» уровня, которые используют ИС типа «3 + » [10]; $U3$ – количество ОУ ЖКХ «верхнего» уровня, использующих ИС четвертого и пятого типа [10]; V – количество сторонних организаций.

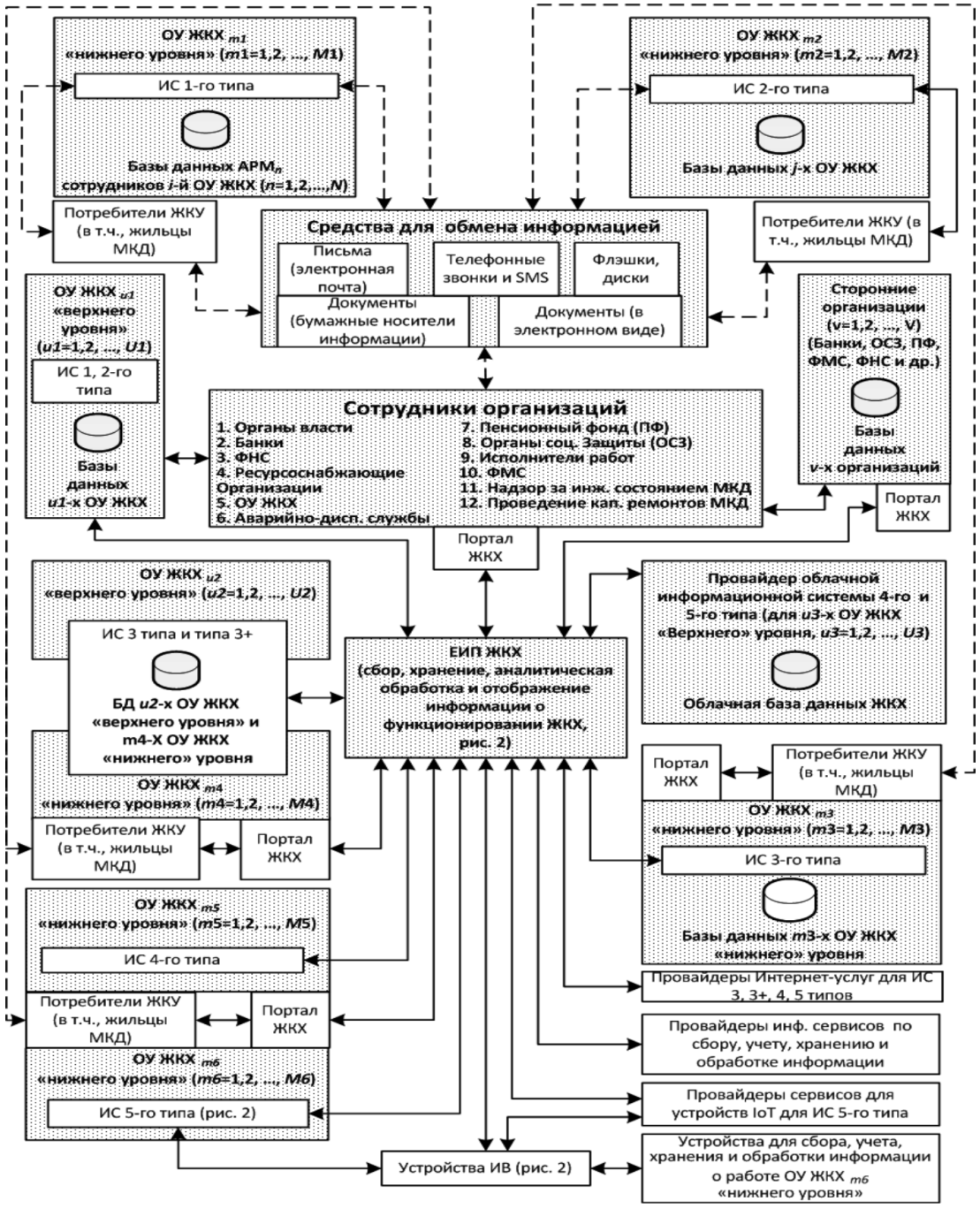


Рис. 1. Обобщенная структурная модель ЕИП ЖКХ в аспекте типизации ИС, используемых для управления ЖКХ

Под сторонними организациями понимаются банки, органы социальной защиты, федеральной налоговой службы, федеральной миграционной службы, Минэнерго РФ, Минрегион РФ, правоохранительные органы и другие организации, не участвующие непосредственно в управлении ЖКХ, но при этом осуществляющие взаимодействие по различным вопросам управления ЖКХ.

Участниками ЕИП ЖКХ, соответствующего приведенной на рис. 1 модели, являются:

- потребители жилищных и коммунальных услуг (в том числе – жильцы МКД);
- сотрудники ОУ ЖКХ «нижнего» уровня, индексируемых на рис. 1 с помощью индексов $m1$, $m2$, $m3$, $m4$, $m5$, $m6$ *в* соответствии с типом ИС;
- сотрудники ОУ ЖКХ «верхнего» уровня (индексируемых $u1$, $u2$, $u3$);
- сотрудники сторонних организаций (индекс v);
- устройства Интернета вещей (использование устройств Интернета вещей отображается на рис. 1 в виде блока с названием «Устройства ИВ»).

При подключении к контуру управления ЖКХ информационных систем, начиная с третьего типа [10], для предоставления доступа к информационным сервисам через интернет появляются еще три вида участников:

- провайдеры, предоставляющие организациям по управлению ЖКХ услуги по доступу к интернету;

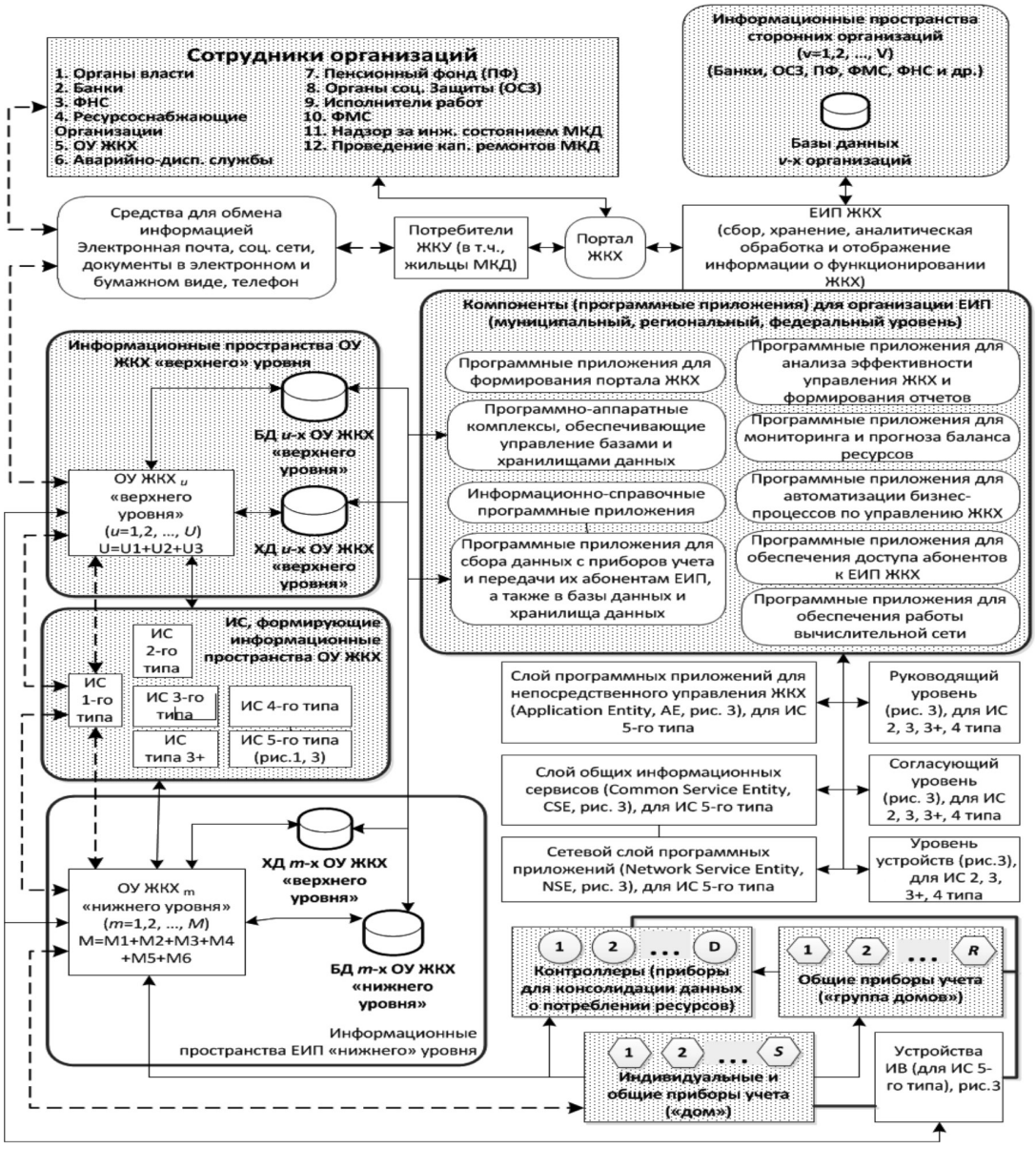


Рис. 2. Уточненная обобщенная структурная модель ЕИП ЖКХ

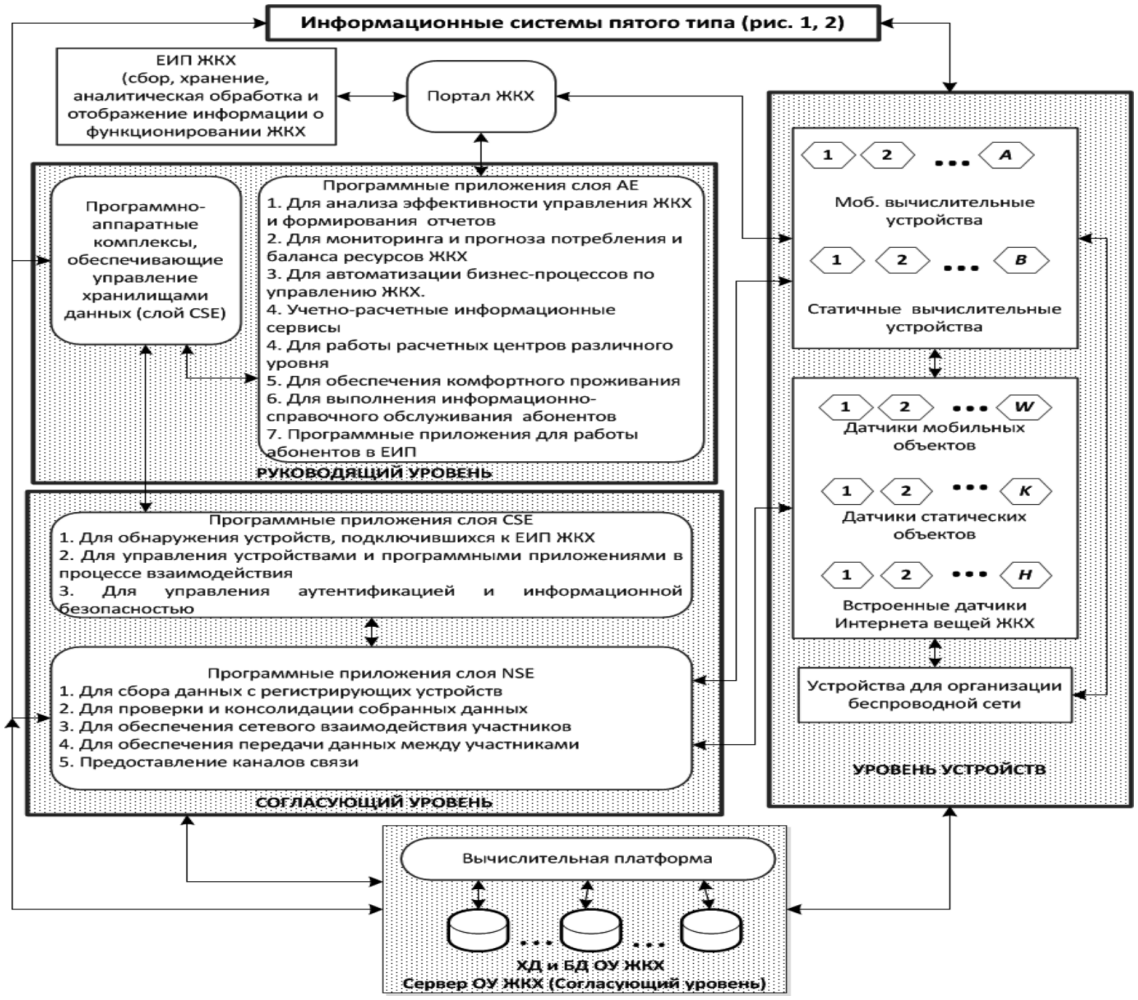


Рис. 3. Структурная модель информационного пространства организации по управлению ЖКХ, использующей ИС на базе устройств Интернета вещей

● провайдеры, предоставляющие организациям по управлению ЖКХ услуги по доступу к информационным сервисам, соответствующим приведенным выше бизнес-процессам в сфере управления ЖКХ;

● провайдеры, предоставляющие организациям по управлению ЖКХ возможность работы с информационными сервисами для интеграции устройств Интернета вещей.

Уточнение обобщенной структурной модели ЕИП ЖКХ с учетом состава программных компонентов, слоев управления и уровней обмена данными

Структурная модель информационного пространства ОУ ЖКХ, в которой используется ИС пятого типа, включает три слоя [11] (рис. 2, 3): слой программных приложений для непосредственного управления ЖКХ (Application Entity, AE); слой общих информационных сервисов (Common Service Entity, CSE); слой услуг связи (Network Service Entity, NSE).

На рис. 2 приведена обобщенная структурная модель ЕИП ЖКХ, уточняющая модель, приведенную на рис. 1, с точки зрения отображения программных компонентов для формирования ЕИП [12], а также слоев управления [11] и уровней обмена данными [13].

Из рис. 1, 2 видно, что существуют ОУ ЖКХ, взаимодействующие с сотрудниками других ОУ ЖКХ и сторонних организаций, не управляющих непосредственно ЖКХ, с помощью электронной почты, по телефону, социальных сетей, а также с помощью документов в бумажном и электронном виде. Такое взаимодействие показано на рис. 2 пунктирными стрелками. Отметим, что в обобщенной структуре ЕИП ЖКХ, приведенной на рис. 2, в качестве «Подомо-

вых поквартирных приборов учета» могут использоваться беспроводные устройства Интернета вещей (это отображено на рис. 2 в виде толстых линий, соединяющих блок «Устройства ИВ» с блоками «Контроллеры», «Общие приборы учета» и «Индивидуальные и общие приборы учета»).

Внедрение устройств Интернета вещей для управления ЖКХ в рамках использования ИС пятого типа соответствует следующим уровням обмена данными (рис. 2, 3) [13]:

1. Руководящий уровень (использует программные приложения из слоя AE и программный комплекс для работы с хранилищами данных из слоя CSE).

2. Согласующий уровень (использует программные приложения из слоев CSE и NSE).

3. Уровень устройств в соответствии с иерархией вычислительных устройств, приведенных в [10, 14].

Структурная модель, отображающая информационное пространство ОУ ЖКХ, использующего ИС на основе использования устройств Интернета вещей, приведена на рис. 3. Информационное пространство, ОУ ЖКХ, использующей ИС 5-го типа, является составной частью обобщенных структурных моделей ЕИП ЖКХ (рис. 1, 2).

Заключение

1. В формировании ЕИП ЖКХ участвуют ИС нескольких типов (как использующие устройства Интернета вещей для управления ЖКХ, так и не использующие такие устройства). Сформирована структурная модель ЕИП ХКХ, предусматривающая взаимодействие между собой ИС различных типов.

2. Сформированная структурная модель уточнена с учетом программных компонентов, необходимых для формирования ЕИП ЖКХ, а также слоев управления и уровней обмена данными, формирующихся при использовании устройств Интернета вещей.

3. Сформирована структурная модель информационного пространства организации по управлению ЖКХ, использующей ИС на базе устройств Интернета вещей, являющаяся составной частью обобщенной структурной модели.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21 июля 2014 года № 209-ФЗ «О государственной информационной системе жилищно-коммунального хозяйства» // Российская газета. 2014. № 6435 (163).

2. Чачин П. IOT внедряется в ЖКХ // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2017. № 6 (166). С. 138–142.

3. Попов А.А. Анализ возможности использования устройств Интернета вещей для формирования единого информационного пространства жилищно-коммунального хозяйства // Креативная экономика. 2017. Т. 11. № 2. С. 223–240.

4. Шнепс-Шнеппе М.А., Намиот Д.Е., Сухомлин В.А. О создании единого информационного пространства общества // International Journal of Open Information Technologies. 2015. Т. 3. № 2. С. 1–10.

5. Намиот Д.Е., Куприяновский В.П., Синягов С.А. Инфокоммуникационные сервисы в умном городе // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 4 С. 1–9.

6. Намиот Д.Е. Умные города 2016 // International Journal of Open Information Technologies. 2015. Т. 4. № 1. С. 1–3.

7. Намиот Д.Е., Шнепс-Шнеппе М.А. Об отечественных стандартах для Умного Города // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 7. С. 32–37.

8. Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Куприяновский П.В. Стандартизация Умных городов, Интернета Вещей и Больших Данных. Соображения по практическому использованию в России // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 2. С. 34–40.

9. Росляков А.В., Ванящин С.В., Гребешков А.Ю. Интернет вещей. Самара: ПГУТИ, 2015. 200 с.

10. Попов А.А. Разработка системы поддержки принятия решений для формирования рациональной структуры единого информационного пространства жилищно-коммунального хозяйства региона. М.: РУСАЙНС, 2017. 170 с.

11. Шнепс-Шнеппе М.А. Организация «oneM2M» как прототип в области стандартов умного города // International Journal of Open Information Technologies. 2016. Т. 4. № 2. С. 11–17.

12. Самсонов М., Гребешков А., Росляков А., Ванящин С. Интернет вещей в умном городе // ИнформКурьер-Связь. 2013. № 10. С. 58–61.

13. Красильникова К.В., Соловьёв В.И. Модели интеграции информационных ресурсов региональной системы жилищно-коммунального хозяйства // Инновации в жизнь. 2016. № 1 (16). С. 69–80.

14. Черняк Л.С. Интернет вещей: новые вызовы и новые технологии // Открытые системы. СУБД. 2013. № 4. С. 14–18.

УДК 005.6:658.5:519.226.3

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА (ГИПЕРГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ)

[1]Юдин С.В., [2]Протасьев В.Б., [3]Подкопаев Р.Ю., [4]Юдин А.С.

[1]ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Тульский филиал, Тула, e-mail: svjudin@rambler.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», Тула, e-mail: avprotasev@mail.ru;

[3]Сертифицированный аудитор систем менеджмента, Тула, e-mail: rquant@mail.ru;

[4]ООО «Научно-исследовательский центр оборонно-промышленного комплекса», Москва, e-mail: alextula78@rambler.ru

Современное производство во многих случаях рассчитано на выпуск мелкосерийной и штучной продукции. Существующие методы статистического контроля и управления качеством предполагают наличие большого количества однородных данных, полученных, как правило, за длительный период наблюдения. Противоречие, возникающее между применяемыми методами математической статистики и потребностями производства, можно разрешить на основе использования байесовского подхода, предполагающего наличие априорной информации, и принципа «интегрального риска», позволяющего построить интервальные оценки параметров дефектности партии изделий, представленных к инспекции. Проведен анализ литературы, посвященной байесовскому подходу в обработке результатов измерений малой выборки. Предложен синтез байесовского подхода и концепции «интегрального риска». Этот подход дает возможность оценить качество партии изделий по результатам контроля малой выборки с использованием априорной информации о распределении количества или доли дефектных изделий в партии за предшествующие периоды. В статье предложена методика расчета планов статистического приемочного контроля с использованием табличного процессора MS Excel. Простота и универсальность этой методики позволяет применять ее инженерами, не являющимися специалистами в области программирования. Использование методики позволит снизить вероятность ошибки и тем самым повысить экономическую эффективность производства.

Ключевые слова: контроль, качество, статистические методы, менеджмент качества, управление процессами

METHODOLOGY OF STATISTICAL ACCEPTANCE CONTROL BASED ON THE BAYES APPROACH (HYPERGEOMETRIC DISTRIBUTION)

[1]Ydin S.V., [2]Protasev V.B., [3]Podkopaev R.Yu., [4]Yudin A.S.

[1]Plekhanov Russian University of Economics, Tula branch, Tula, e-mail: svjudin@rambler.ru;

[2]Tula State University, Tula, e-mail: avprotasev@mail.ru;

[3]Certified auditor of management systems, Tula, e-mail: rquant@mail.ru;

[4]Scientific Research Center of the Defense Industrial Complex, Moscow, e-mail: alextula78@rambler.ru

Modern production in many cases is designed for the production of small-batch and piece products. The existing methods of statistical control and quality management assume the presence of a large number of homogeneous data obtained, as a rule, for an unlimited time. The contradiction arising between the applied methods of mathematical statistics and the requirements of production can be resolved on the basis of using the Bayesian approach that assumes the existence of a priori information and the principle of «integral risk», which allows to construct interval estimates of the defects parameters of the batch of products submitted to the inspection. An analysis of the literature devoted to the Bayesian approach in the processing of small sample measurements is carried out. A synthesis of the Bayesian approach and the concept of «integral risk» is proposed. This approach makes it possible to evaluate the quality of a batch of products based on the results of a small-sample control using a priori information on the distribution of the quantity or proportion of defective products in the batch over previous periods. The article proposes a technique for calculating plans for statistical acceptance control using the MS Excel spreadsheet. The simplicity and versatility of this technique makes it possible to use it by engineers who are not specialists in programming. Using the technique will reduce the probability of error and, thereby, increase the economic efficiency of production.

Keywords: control, quality, statistical methods, quality management, process management

Статистические методы контроля и управления качеством широко применяются во всех отраслях промышленности. Благодаря широкому внедрению этих методов добились успеха японские, корейские, китайские корпорации. Еще раньше статистические методы применялись и применяются в странах Западной Европы и Северной Америки. Современное производство немыслимо без их использования.

Существующие методы статистического контроля и управления качеством, управления технологическим процессом основаны на предположении о наличии стабильного процесса, происходящего в постоянных условиях длительное время, возможности получить неограниченную выборку изделий и заготовок. Это положение с переходом на мелкосерийное, и тем более штучное, производство существенно меняется, и ис-

пользуемые стандартные методы статистических выводов перестают работать.

Основная проблема, возникающая при контроле малых выборок, заключается в существенном увеличении доверительных интервалов, поскольку их ширина пропорциональна $1/\sqrt{n}$, где n – объем выборки. Если точность оценок при $n = 100$ приблизительно равна 10 % (приблизительно потому, что в оценке ширины доверительного интервала присутствуют и другие множители), то при $n = 10$ – 32 %. Особенно существенны ошибки в оценке параметров при проведении контроля партий изделий по качественному признаку.

До настоящего времени эта проблема в математической статистике не разрешена, несмотря на большое количество работ в этой области.

Цель исследования: исследования С.В. Юдина и др. [1, 2] привели к выводу о необходимости разработки специальных методов контроля и управления качеством в случае мелкосерийного и штучного производства. Это связано с тем, что многие предприятия выпускают штучную и мелкосерийную продукцию, номенклатура которой постоянно меняется.

В монографии Д.В. Гаскарова и В.И. Шаповалова 1978 г. [3] впервые на высоком научном уровне рассмотрен вопрос об оценке параметров случайных чисел и проверки статистических гипотез по итогам данных, полученных при анализе малых выборок. Авторы использовали метод минимума энтропии и математический аппарат обобщенных функций. Они показали возможность при анализе малых выборок проводить оценки параметров распределений и даже проверку статистических гипотез, как о виде закона распределения, так и о наличии статистических связей.

Тем не менее точность оценок и доверительные вероятности, получаемые в результате предложенных методик, не могут быть применены в условиях высоких требований к изделиям ВВТ.

В 1989 г. была опубликована работа В.П. Савчука, посвященная байесовским методам статистического оценивания [4]. Эти методы основаны на важном принципе: информация меняет вероятности.

Целью исследования является разработка методов статистического приемочного контроля, основанного на гипергеометрическом распределении, учитывающие историю процесса с целью минимизировать риски при контроле малых партий.

Материалы и методы исследования

Формула Байеса уже давно, с конца XVIII века, применяется исследователями в самых разных областях, начиная с простых задач оценки вероятностей тех или иных событий на основе знаний о прошлом, заканчивая оценкой надежности сложных систем и построения систем искусственного интеллекта.

Уникальная формула Байеса имеет вид

$$P(H_k / A) = \frac{P(H_k)P(A / H_k)}{\sum_{i=1}^{n} P(H_i)P(A / H_i)}. \qquad (1)$$

Здесь A – наблюдаемое событие, $\left\{H_i,\ i = \overline{1,n}\right\}$ – система гипотез.

Вероятности $p(H_i)$ называются априорными (известными до опыта) вероятностями, а вероятности $p(H_i/A)$ – апостериорными (полученными эмпирически после опыта) вероятностями.

Важнейшей проблемой в байесовском подходе является определение вероятностей, как события $p(A)$, так и условных вероятностей $p(H_i/A)$.

Данные вероятности могут быть определены только из длительных наблюдений за историей процесса. Чем дольше длится наблюдение, тем точнее наши оценки.

Следует отметить, что любые методы, основанные на использовании априорных вероятностей для исчисления апостериорных вероятностей, можно классифицировать как байесовские.

В работе [4] показано, что байесовский подход можно применять и в случае непрерывных распределений, причем многие оценки совпадают с теми же, найденными по принципу максимума энтропии.

Несмотря на важность этой работы для изучения возможностей байесовского подхода при оценке вероятностей интересующих нас событий и проверке статистических гипотез, в ней уделено очень мало внимания проблеме «малой выборки».

В 2008 г. в работе И.Е. Ишемгужина и др. [5] были рассмотрены критерии согласия для малой выборки при оценке надежности оборудования. Показано, что можно, применяя специальные критерии согласия, с достаточной надежностью идентифицировать закон распределения в задачах оценки надежности.

Недостатком этой статьи является недостаточная теоретическая проработка и отсутствие единого подхода в случае разных распределений.

Большая и теоретически важная работа Б.И. Сухорученкова 2010 г. по анализу малых выборок [6] содержит интересный авторский материал. К сожалению, в работе выборка объемом $n = 30$ считается малой. Для таких выборок нет нужды применять особые методы.

В работе М.П. Кривенко [7] используются информационная мера Кульбака – Лейблера, информация Фишера, параметрические и непараметрические статистические оценки в приложении к многомерным распределениям. Несмотря на важные теоретические результаты, практическое использование предложенных методов затруднено в связи со сложностью математического аппарата и тем, что в инженерной практике редко приходится использовать многомерные распределения.

В работах С.В. Юдина и др. [1, 2] на базе теории информации и байесовского подхода предложены новые методы, обладающие высокой надежностью, действительно применимые к анализу малых выборок, особенно в задачах оценки качества партии по данным выборки.

В статье С.В. Юдина [1] представлены основные теоретические положения нового подхода, основанные на знании априорной информации о качестве продукции и параметрах технологического процесса, а также концепции «интегрального риска».

Принцип интегрального риска и гипергеометрическое распределение

В работах [1, 2] был представлен принцип интегрального риска, который заключается в том, что при анализе процедуры статистического выборочного контроля учитываются интегральные вероятности принять партию с дефектностью, превышающей заданную (риск Потребителя β), или отклонить партию с дефектностью ниже граничной (риск Поставщика α).

Поскольку рассматриваемый ниже подход использует априорное распределение вероятности доли брака q на множестве контролируемых партий, то апостериорная вероятность интересующих контролера событий определяется с использованием обобщенного байесовского подхода.

При контроле партий малого объема, как правило, используется точное гипергеометрическое распределение числа дефектных изделий в выборке:

$$p(n,d;N,D)=\frac{C_D^d\cdot C_{N-D}^{n-d}}{C_N^n}, \qquad (2)$$

где n – объем выборки; d – количество дефектных изделий в выборке; N – объем партии; D – количество дефектных изделий в партии.

Пусть с – приемочное число. Тогда оперативная кривая плана контроля, т.е. вероятность принять партию с количеством дефектов D, равна

$$\mathbf{L}\left(q=\frac{D}{N}\middle| N,n,c\right)=\sum_{i=0}^{c}\frac{C_D^i C_{N-D}^{n-i}}{C_N^n}. \qquad (3)$$

При традиционном подходе риск Изготовителя (Поставщика) α определяется как вероятность забраковать партию с количеством дефектных изделий равных $D_{\text{п}}$:

$$\alpha=1-\mathbf{L}\left(q=\frac{D_{\text{п}}}{N}\middle| N,n,c\right)=1-\sum_{i=0}^{c}\frac{C_{D_{\text{п}}}^i C_{N-D_{\text{п}}}^{n-i}}{C_N^n}. \qquad (4)$$

Риск Потребителя β определяется как вероятность принять партию с количеством дефектных изделий $D_{\text{б}}$:

$$\beta=\mathbf{L}\left(q=\frac{D_{\text{б}}}{N}\middle| N,n,c\right)=1-\sum_{i=0}^{c}\frac{C_{D_{\text{б}}}^i C_{N-D_{\text{б}}}^{n-i}}{C_N^n}. \qquad (5)$$

Здесь $D_{\text{п}}$ и $D_{\text{б}}$ – приемочное и браковочное количества дефектных изделий в партии ($D_{\text{п}} < D_{\text{б}}$).

Недостатком этого подхода является точечность оценки, в то время как необходима интервальная оценка вероятности принятия бракованной партии. Потребителя, как правило, интересует общая вероятность принятия партии с неудовлетворительным уровнем дефектности, т.е. интегральный риск».

Результаты исследования и их обсуждение

Пусть известна гистограмма распределения дефектных изделий в партии, исходя из результатов исследований или результатов контроля партий в прошлом: f_i ($i=0\ldots N$). Здесь f_i – количество партий, в которых количество дефектных изделий равно i; N – объем партии. Пусть $k=\sum_{i=0}^{N} f_i$ – общее количество опытов. Тогда распределение вероятностей имеет вид $p_i=P(D=i\,|\,N)=\frac{f_i}{k}$ $(i=0...N)$. Пусть заданы интегральные риски Потребителя β и Поставщика α. Тогда для интегральных рисков имеем следующую систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned}\sum_{j=0}^{D-1} p_j\left[\sum_{i=0}^{c}\left(1-\frac{C_j^i C_{N-j}^{n-i}}{C_N^n}\right)\right]&=\alpha\\ \sum_{j=D}^{N} p_j\left[\sum_{i=0}^{c}\left(\frac{C_j^i C_{N-j}^{n-i}}{C_N^n}\right)\cdot p_i\right]&=\beta\end{aligned}\right\}. \qquad (6)$$

Здесь D – предельно допустимое количество дефектных изделий в партии.

Система уравнений (6) дает возможность определить объем выборки n и приемочное число c, что определяет план контроля с заданными характеристиками.

Методика расчета гипергеометрических планов СПК на основе байесовского подхода

Входными данными для расчета оперативной кривой плана СПК, основанного на гипергеометрическом распределении, являются следующие числа: объем партии N; объем выборки n; предельно допустимое количество дефектных изделий в партии $D_{\max}$; приемочное число c.

Справочными числами являются риски изготовителя и потребителя.

На рис. 1 представлен скриншот листа MS Excel с расчетами.

Пусть из истории наблюдений за готовыми изделиями известно распределение вероятности наблюдения заданного количества дефектных изделий D в выборке объемом N. Эти данные представлены в столбце ‘G’.

В столбцах ‘H’ и ‘I’ приведены результаты расчетов интегральных рисков Поставщика и Потребителя. Эти расчеты осуществлялись в соответствии с формулой.

На рис. 2 в большем масштабе представлены интересующие нас результаты.

Если исходить из предельно допустимого количества дефектных изделий в партии $D_{\max}=5$, то в ячейке ‘H17’ интегральный риск $\alpha=0{,}068$ – это вероятность того, что будет забракована партия с количеством дефектных изделий 5 и менее; интегральный риск $\beta=0{,}005$ (ячейка ‘I18’) – это вероятность того, что будет принята партия с числом дефектных изделий 6 и более.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	План СПК на основе Гипергеометр распр								
2	Определение приемочного "c" и браковочного "d" чисел								
3	Задано:								
4	Риск Изготовителя α=					0,05			
5	Граничное значение оперативной кривой =1-α					0,95			
6	Объем выборки n=					10			
7	Объем партии N=					100			
8	Предельно допустимое количество								
9	дефектных изделий в партии D_{max}=					5			
10	Приемочное число c=		0						
11	L(Dмакс)=	0,583752			D	L(D)	Вероятность наблюдения заданного количества дефектных изделий D в выборке объемом N	Интегральный риск α	Интегральный риск β
12					0	1	0,6	0	0,927166327
13					1	0,9	0,2	0,02	0,327166327
14					2	0,809091	0,1	0,039090909	0,147166327
15					3	0,726531	0,05	0,052764378	0,066257236
16					4	0,651631	0,02	0,059731767	0,029930706
17					5	0,583752	0,02	0,06805672	0,016898095
18					6	0,522305	0,01	0,072833673	0,005223047
19					7	0,46674	0	0,072833673	0
20					8	0,416553	0	0,072833673	0
21					9	0,371276	0	0,072833673	0
22					10	0,330476	0	0,072833673	0

Рис. 1. Результаты расчетов в MS Excel

	E	F	G	H	I
11	D	L(D)	Вероятность наблюдения заданного количества дефектных изделий D в выборке объемом N	Интегральный риск α	Интегральный риск β
12	0	1	0,6	0	0,927166327
13	1	0,9	0,2	0,02	0,327166327
14	2	0,809091	0,1	0,039090909	0,147166327
15	3	0,726531	0,05	0,052764378	0,066257236
16	4	0,651631	0,02	0,059731767	0,029930706
17	5	0,583752	0,02	0,06805672	0,016898095
18	6	0,522305	0,01	0,072833673	0,005223047
19	7	0,46674	0	0,072833673	0
20	8	0,416553	0	0,072833673	0
21	9	0,371276	0	0,072833673	0
22	10	0,330476	0	0,072833673	0

Рис. 2. Результаты расчета интегральных рисков

Если установить оба риска равные 0,05, то с такой вероятностью мы забракуем партию с числом дефектных изделий 3 и меньше и примем партию с числом дефектных изделий 4 и более.

Представленный подход имеет широкую область применения, как в гражданской промышленности, так и на предприятиях ОПК.

Выводы

В результате проведенных исследований можно отметить, что использование байесовского подхода, базирующегося на принципе «информация меняет вероятности», а также концепции «интегрального риска», дает возможность с высокой точностью и надежностью оценить качество

контролируемой партии, оценить риски, как Потребителя, так и Поставщика. Представлена методика расчета планов СПК, основанных на гипергеометрическом распределении, учитывающая историю работы предприятия.

Список литературы

1. Юдин С.В. Некоторые проблемы статистического контроля качества и методы их решения // Фундаментальные исследования. 2015. № 10–2. С. 324–329.

2. Григорович В.Г., Юдин С.В., Козлова Н.О., Шильдин В.В. Информационные методы в управлении качеством. М.: РИА «Стандарты и качество», 2001. Вып. 1 (10). 208 с.

3. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. Малая выборка. М.: Статистика, 1978. 248 с.

4. Савчук В.П. Байесовские методы статистического оценивания: надежность технических объектов. М.: Наука, 1989. 322 с.

5. Ишемгужин И.Е., Атнагулов А.Р., Зотов А.Н., Ишемгужин Е.И. Специальные критерии согласия для малой выборки при оценке надежности нефтепромыслового оборудования // Нефтегазовое дело. 2008. № 1. URL: http://ogbus.ru/authors/IshemguzhinIE/IshemguzhinIE_1.pdf (дата обращения: 17.08.2018).

6. Сухорученков Б.И. Анализ малой выборки. Прикладные статистические методы. М.: Вузовская книга, 2010. 384 с.

7. Кривенко М.П. Прикладные методы оценивания распределения многомерных данных малой выборки. М.: ИПИ РАН, 2011. 146 с.

УДК 37.035.6:372.851

ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИКЕ: КОНСТАТИРУЮЩИЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЯ

Абрамовских Е.А.

Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак, e-mail: net-doll@mail.ru

Патриотическое воспитание является приоритетным направлением развития современной школы, методологической основой этого выступают официальные документы федерального уровня. Учитывая требования Федерального государственного образовательного стандарта, патриотическое воспитание должно осуществляться посредством каждого урока в современной школе. В настоящей работе не ставится задача проведения анализа разнообразных подходов к понятию патриотизма. В нашем исследовании рассматривается возможность формирования патриотизма учащихся 5–6-х классов при обучении в средней школе, в частности на уроках математики. В данной статье выделены уровни проявления сформированности трех групп структурных компонентов патриотизма (знаниевые, эмоционально-ценностные, деятельностные) как нравственного качества современного школьника. Данные компоненты патриотизма были определены исходя из анализа психолого-педагогической и методической литературы. Приведены результаты пилотного исследования сформированности групп характеристик патриотизма. В исследовании использовалось письменное анкетирование, устное интервьюирование, анализ сочинений и беседы с учащимися 5–6-х классов. Экспериментальное констатирующее исследование и опрос учителей математики подтверждают высказанное в работе предположение о необходимости построения модели педагогической системы, обеспечивающей воспитание патриотизма учащихся 5–6-х классов на уроках и внеурочных мероприятиях по математике.

Ключевые слова: патриотическое воспитание, констатирующий эксперимент, обучение математике, патриотизм, воспитание

PATRIOTIC EDUCATION IN THE TEACHING OF MATHEMATICS: SUMMATIVE PHASE OF THE STUDY

Abramovskikh E.A.

Sterlitamak branch, Bashkir State University, Sterlitamak, e-mail: net-doll@mail.ru

Patriotic education is becoming a priority in the modern school, the methodological basis of this is official documents of the federal level. Taking into account the requirements of the Federal state educational standard of students, patriotic education should be carried out according to the means of each lesson in a modern school. In this paper, the task is not to analyze various approaches to the notion of patriotism. The paper considers the possibility of forming patriotism for pupils of grades 5-6 when teaching in secondary schools, in particular, in the lessons of mathematics. The levels of manifestation of the three groups of structural components of patriotism (knowledge, emotional-value, activity) as the moral quality of a modern schoolchild are highlighted in the work. These components of patriotism were determined based on the analysis of psychological, pedagogical and methodological literature. The results of the pilot study of the formation of groups of characteristics of patriotism are presented. The study used written questionnaires, oral interviews and interviews with students. Experimental research and survey of teachers of mathematics convincingly confirms the assumption made in the work on the effectiveness of purposeful work on building a model of the pedagogical system that ensures the upbringing of patriotism of students in grades 5-6 during lessons and extra-curricular activities in mathematics.

Keywords: patriotic education, ascertaining experiment, teaching mathematics, patriotism, upbringing

Современный этап развития образовательной системы характеризуется тем, что каждая школа активно включается в патриотическое воспитание подрастающего поколения. Становится все более актуальной проблема создания условий для воспитания патриота, формирования инновационных программ и проектов, направленных на пропаганду высокого патриотического сознания.

Методологической основой патриотического воспитания выступают, прежде всего, официальные документы федерального уровня. Так, в «Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года» (утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 мая 2015 г. № 996-р) в качестве одного из приоритетов государственной политики в области воспитания и социализации детей выделяется патриотическое воспитание, направленное на «формирование у детей патриотизма, чувства гордости за свою Родину, готовности к защите интересов Отечества, ответственности за будущее России на основе развития программ патриотического воспитания детей, в том числе военно-патриотического воспитания ….» [1]. В Федеральном Законе «Об образовании в Российской Федерации» также выделяется приоритет патриотизма в качестве одного из основных принципов государственной политики и правового регулирования отношений в сфере образования (Статья 3) [2]. Федеральный государствен-

ный образовательный стандарт основного общего образования постулирует патриотизм (наряду с гражданственностью и социальной солидарностью) как «базовую национальную ценность российского общества», направленную на развитие и воспитание компетентного гражданина России, принимающего судьбу Отечества как свою личную, осознающего ответственность за настоящее и будущее своей страны, укорененного в духовных и культурных традициях многонационального народа России», на основе которой обязана осуществляться программа образовательной организации [3, с. 31].

Итак, в современных условиях воспитание патриотизма становится одной из важнейших задач при формировании личности школьника, причем формировать патриотизм мы должны всеми возможными средствами, посредством каждого урока, в том числе и средствами уроков математики.

Цель исследования: построение модели педагогической системы, обеспечивающей воспитание патриотизма учащихся 5–6-х классов на уроках и внеурочных мероприятиях по математике. Работа проводится по плану деятельности научно-образовательной лаборатории методических исследований Стерлитамакского филиала Башкирского государственного университета [4].

Материалы и методы исследования

Научный анализ психолого-педагогической и методической литературы позволяет утверждать, что существуют различные подходы к раскрытию сущности понятия патриотизма и связанных ним понятий (гражданская позиция, гражданственность, гражданская идентичность). В настоящей работе не ставится задача проведения анализа разнообразных подходов к понятию патриотизма. Отметим, что в качестве рабочего определения мы используем определение, составленное на основе работ отечественных исследователей (Н.И. Болдырев [5], И.Т. Огородников и П.В. Шимбирев [6], И.Ф. Харламов [7], Н.Е. Щуркова [8] и др.), согласно которому патриотизм есть интегральное нравственное качество личности, проявляющееся как в любви и преданности своей Родине, понимании ее величия и славы, в потребности и стремлении в любых условиях сохранять и беречь ее честь и достоинство, практическими делами укреплять ее могущество и независимость, так и в осознанном саморазвитии, в стремлении повышать свой профессиональный, интеллектуальный и культурный уровень, в стремлении к здоровому образу жизни и улучшению экологии страны. Согласно приведенному определению, в качестве существенных свойств понятия патриотизма как нравственного качества личности можно выделить три группы характеристик: знаниевые, эмоционально-ценностные, деятельностные. Эти три группы характеристик соответствуют структуре нравственной сферы подростка, в которой специалисты (А.И. Гаурилюс [9], Н.В. Мельникова и О.В. Коновалова [10, с. 4–5], Р.В. Овчарова и Э.Р. Гизатуллина [11, с. 25–32], С.С. Салаватова и Е. Шуляренко [12] и др.) дифференцируют следующие три компонента: когнитивный (в другой терминологии информационно-содержательный, включающий нравственное сознание, знания и убеждения), эмоциональный (в похожей терминологии оценочно-эмоциональный, включающий нравственные чувства и переживания, ценностные ориентиры), поведенческий (в похожей терминологии поведенческо-деятельностный, включающий нравственные потребности, мотивы, поступки, определяющие линию нравственного поведения) [11, с. 107]. Эти компоненты могут служить в определенной мере признаками (критериями) сформированности патриотизма как интегрального качества личности [13, с. 59–62].

Отметим, что реальный уровень сформированности того или иного нравственного качества человека, в том числе и патриотизма, невозможно определить лишь анкетированием, интервьюированием, беседами или другими внешними проявлениями деятельности человека (известны случаи, когда люди, внешне кажущиеся вполне добропорядочными, заботливыми, законопослушными, совершают противоправные, преступные действия). Поэтому на констатирующем этапе своего исследования мы говорим не об уровне сформированности патриотизма, а об уровне внешнего проявления этого качества.

Констатирующее исследование осуществлялось на базе МАОУ «СОШ № 154 г. Челябинска» (173 ученика) с использованием письменного анкетирования, устного интервьюирования и бесед с учащимися.

Цель этого этапа исследования: определить уровень проявления сформированности выделенных трех групп структурных компонентов патриотизма как нравственного качества современного школьника.

Результаты исследования и их обсуждение

Для выявления уровня сформированности когнитивного компонента нами были использованы методы сочинения, анкетирования (адаптированная анкета В.И. Лутовинова [13]) и интервьюирования. В системе внеурочной работы ученикам было предложено написать сочинения: «Кого можно назвать патриотом?», «Что я знаю о своей Родине?». С той же целью дополнительно использовались методы анкетирования и интервьюирования. Вопросы, связанные с когнитивным компонентом, разделены условно на три блока:

– первый блок вопросов направлен на выявление степени осознания понятий «патриот» и «патриотизм», причем использовались вопросы как открытого типа (респонденты должны сами перечислить эти качества), так и закрытого типа (выбрать из предложенных);

– второй блок содержал вопросы, выявляющие знания учащихся Отечества («Назовите столицу России», «Какова численность населения России?», «В какие годы проходила ВОВ?» и др.), знания по истории, культуре, географии родного края («Какова площадь Челябинской области?», «Назови-

те героев ВОВ вашего края», «Каково население вашего города?» и др.);

– в соответствии с предметом нашего исследования (методическая система обучения математике, направленная на формирование патриотизма школьников) третий круг вопросов был связан с математикой («Знаешь ли ты русских математиков (перечисли их)?», «Известны ли тебе интересные факты из биографии русских математиков?», «Кто автор учебника математики, по которому вы учитесь?» и др.).

Анализ сочинений и результаты открытого анкетирования показали, что у учеников 5–6-х классов возникает сложность при описании понятия «патриотизм». Однако при беседе и ответах на вопросы анкеты закрытого типа ученики все же раскрывали некоторые характеристики этого понятия, отвечая, что патриотизм – это «любовь к Родине», «желание помогать своей стране», «уважение к стране» и т.д.

При анализе результатов анкетирования с вопросами закрытого типа нами использовался один из простейших методов обобщения статистического анализа – группировка, которая позволяет выделить среди всех респондентов отдельные группы с одним и тем же признаком (способ комбинационной группировки). Процентная величина вычисляется по формуле

$$\frac{n_i}{n} \times 100\%,$$

где n – общее число респондентов, подлежащих группировке; n_i – число респондентов в группе с одинаковым признаком [14, с. 54].

В нашем случае группировка респондентов происходила в зависимости от выбора представленных ответов на вопросы анкеты. Рассмотрим распределение ответов на вопрос (закрытого типа с возможностью множественного выбора): «По каким признакам, качествам человека вы определяете для себя понятие «патриотизм»? Ответы учеников распределились следующим образом: наибольший процент выбора получил признак «любовь к Родине», этот признак указали 102 ученика, что составляет 58,9%; признак «защита страны от врагов» выбран 90 учениками (52,0%), такое качество, как «готовность служить на благо Родине», «готовность к самопожертвованию ради ее блага или спасения», выбрали 82 учениками (47,4%); такое качество, как «забота о родной природе», было выбрано 80 учениками (46,2%); признак «национальное самосознание, гордость за принадлежность к своей нации, народу» выбран 35 учениками (22%); 26 обучающихся (15%) включили в показатель патриотизма «верность национальной культуре, традициям, укладу жизни»; 19 опрошенных учащихся (11%) включают в качестве признака патриотизма «интернационализм, готовность к сотрудничеству с представителями других наций и народов в интересах своей Родины – России». В перечень возможных «признаков» патриотизма в анкету были включены и такие качества, как «непримиримость к представителям других наций и народов», «стремление завоевать все страны мира». Вызывает тревогу, что эти признаки были выбраны 28 учениками (16%).

Поскольку формирующий эксперимент связан у нас с возможностями уроков математики, то, естественно, вопросы, связанные с математикой, вызывали у нас особое внимание. Так, останавливаясь на вопросе: «важно ли изучать историю русской математики» (на который лишь 49% ответили положительно), – отметим, что такое положение вызывает беспокойство. Ведь история русской математики неразрывно связана с историей страны, ее развитием. Всего 36 человек, что составляет 26,6% опрошенных, смогли назвать хотя бы одного отечественного математика (С.В. Ковалевская (23 чел.), Н.И. Лобачевский (4 чел.), А.Г. Мордкович (9 чел.).

На основе анализа ответов на вопросы по выявлению сформированности когнитивного компонента патриотизма нами условно выделены три уровня сформированности данного компонента: низкий (41%), средний (30%) и высокий (29%).

Второе направление проведения констатирующего этапа экспериментальной работы было связано с изучением эмоционального компонента патриотизма как нравственного качества школьников. Уровень сформированности данного компонента определялся нами с помощью диагностической беседы, а также анкетирования.

Результаты анкетирования учащихся в эмоциональном компоненте патриотизма ожидаемо показали, что абсолютное большинство опрашиваемых относят себя к патриотам, то есть любят Отечество (89%), понимают важность работы на благо Родины (67%) и испытывают гордость за победы наших соотечественников (77%).

Однако нельзя не обратить внимание на то обстоятельство, что только 59% опрошенных считают, что математика как наука важна для развития страны. Это говорит о том, что у опрошенных учащихся не сформировано понимание взаимосвязи научных исследований с уровнем развития математики. При этом на уроках математики есть все возможности для того, чтобы на наглядных примерах показать учащимся всю важность математической науки как основы для любых

научных исследований, что, в свою очередь, может повысить мотивацию к изучению математики у значительной доли учащихся.

В целом у опрошенных учащихся эмоциональный компонент патриотизма находится в достаточно сформированном состоянии (общий процент негативных ответов не превышает 16), что показано на рис. 1.

Поведенческий компонент патриотизма имеет решающее значение, так как призван дать практическую характеристику текущему уровню патриотического воспитания.

Судя по полученным ответам на конкретные прямые вопросы, текущий уровень развития поведенческого компонента находится на неудовлетворительном уровне.

Если проанализировать все вопросы в тесте для данного компонента, то мы увидим, что общий процент негативных ответов здесь выше, чем в предыдущих (теоретических) компонентах теста (рис. 2). Это обстоятельство не может не вызывать тревогу, так как явно показывает, что готовность к действиям на благо страны, региона, города это одно, а реальные практические шаги – совсем другое.

Мы видим возможность на уроках математики (а также на дополнительных занятиях и внеклассной работе) увеличить общий уровень вовлеченности учащихся в реальные дела на благо общества.

Нами проведено также анкетирование учителей математики. Анализируя результаты этого анкетирования, мы выявили, что все опрошенные учителя считают себя патриотами своей страны, точно так же они считают, что необходимо формировать патриотизм посредством каждого учебного предмета, в том числе и математики, но сложность организации патриотического воспитания и, соответственно, формирования патриотизма, вызывает отсутствие методических указаний и пособий по вопросам формирования патриотизма на уроках математики. На сегодняшний день опыт учителей заключается лишь в использовании эпизодически отдельных математических задач, в которых цифры демонстрируют те или иные аспекты производственной, спортивной, культурной или бытовой сферы россиян. Показательно также то, что все опрошенные нами педагоги готовы при наличии методических пособий активно осуществлять патриотическое воспитание школьников в системе урочной и внеурочной работы по математике.

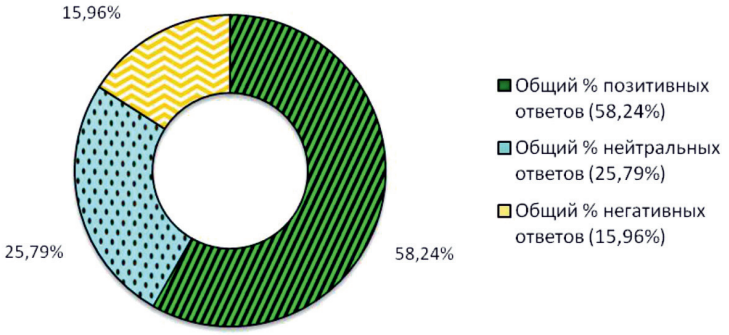


Рис. 1. Соотношение позитивных, нейтральных и негативных ответов на вопросы эмоционального компонента структуры патриотизма

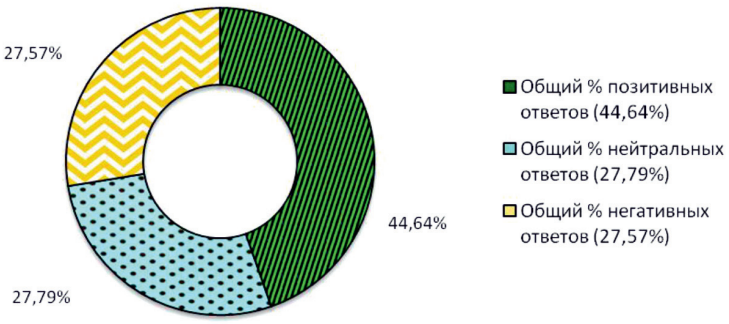


Рис. 2. Соотношение позитивных, нейтральных и негативных ответов на вопросы поведенческого компонента структуры патриотизма

Выводы

Результаты констатирующего исследования показывают, что существует необходимость создания комфортных условий для формирования патриотизма учащихся. Значительными возможностями для решения задач формирования патриотизма учащихся выступает и предмет математика, если учитывать не только работу на уроках, но и внеклассные мероприятия. Кроме того, становится ясно, что учащиеся готовы к тому, что патриотическое воспитание будет осуществляться и на уроках математики – опрос показал, что большинству это будет интересно.

Таким образом, наше констатирующее исследование показывает, что на сегодняшний день степень сформированности патриотизма у обучающихся 5–6-х классов является недостаточно высокой, таким образом, формирование патриотизма у школьников 5–6-х классов является актуальной педагогической проблемой. Для решения этой проблемы становится очевидной необходимость разработки и описания специальной модели педагогической системы формирования патриотизма учащихся 5–6-х классов общеобразовательной школы средствами всех учебных дисциплин, в том числе средствами уроков математики.

Список литературы

1. Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: http://government.ru/media/files/f5Z8H9tgUK5Y9qtJ0tEFnyHlBitwN4g B.pdf (дата обращения: 16.09.2018).

2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Электронный ресурс]. URL: http://минобрнауки.рф/ (дата обращения: 16.09.2018).

3. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273 ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: http://zakon-ob-obrazovanii.ru/ (дата обращения: 16.09.2018).

4. Салаватова С.С. Методические особенности обучения математике в национальной школе // Вестник Башкирского университета. 2010. Т. 15. № 3. С. 835–839.

5. Болдырев Н.И. Нравственное воспитание школьников. М.: Педагогика, 1979. 224 с.

6. Огородников И.Т., Шимбирев П.В. Учебник для учительских институтов. М.: Учпедгиз, 1950. 432 с.

7. Харламов И.Ф. Педагогика. М.: Гардарики, 1999. 520 с.

8. Щуркова Н.Е. Нравственное восхождение школьника // Начальная школа. 2015. № 9. С. 43–46.

9. Гаурилюс А.И. Развитие нравственного сознания в школьном возрасте // Образование и воспитание. 2014. № 5. С. 33–39.

10. Мельникова Н.В., Коновалова О.В. Психология нравственности: учебное пособие для студентов факультетов педагогики и психологии. Шадринск: Изд-во ПО «Исеть», 2004. 158 с.

11. Овчарова Р.В. Развитие нравственной сферы личности подростка. Курган: Изд-во Курганского государственного университета, 2011. 147 с.

12. Салаватова С.С., Шуляренко Е.Ю. Модель методической системы формирования ценности здорового образа жизни при обучении математике // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; URL: www.science-education.ru/120-15496 (дата обращения: 10.09.2018).

13. Лутовинов В.И. Военно-патриотическое воспитание российской молодежи: учебно-методическое пособие. М.: Изд-во РАГС, 2010. 169 с.

14. Кансузян Л.В., Панина Г.В. Методика и техника социологического исследования (методическое пособие по основам прикладной социологии для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана). М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. 110 с.

15. Методика оценки качества и эффективности патриотического воспитания в образовательной организации: методический сборник / Составители: А.Б. Федотова, Л.С. Паринова, Л.В. Плаксина, Л.В. Алексашкина. М.: ГБОУ ДПО ЦВПГВ, 2016. 57 с.

УДК 378:001.891

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНО УСТАНОВЛЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ПО НАПРАВЛЕНИЮ 45.03.02. «ЛИНГВИСТИКА»

Баранова Т.А., Володарская Е.Б.

ГБОУ ВО «Гуманитарный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого», Санкт-Петербург, e-mail: baranova.ta@flspbgpu.ru, volodaelena@yandex.ru

Образовательная деятельность современного вуза определяется сегодня государственным заказом, условиями рынка труда, требованиями работодателей, отечественным и зарубежным опытом профессиональной деятельности в той или иной области. Самостоятельно установленный образовательный стандарт (СУОС) позволяет повысить эффективность процесса подготовки востребованного на рынке труда специалиста за счет целенаправленного формирования профессиональных компетенций, пользующихся спросом у работодателей и обладающих перспективностью с точки зрения дальнейшего развития отрасли. Цели СУОС выражаются в профессиональных компетенциях обязательного и рекомендуемого характера, которые требуют аналитического подхода в проектировании и соотнесения содержания дисциплин общей образовательной программы (ООП) с законодательной основой образовательного процесса и результатами опыта потенциальных работодателей. Процесс разработки профессиональных компетенций включает четыре этапа: определение области профессиональной деятельности и установление их соответствия ООП, выбор функционального образовательного стандарта, формулирование профессиональных задач выпускника и определение основных объектов профессиональной деятельности будущих специалистов. Обязательные и рекомендуемые профессиональные компетенции в рамках СУОС распределяются по дисциплинам ООП, объединенным в группы по содержательному компоненту, а цели каждой дисциплины конкретизируются установленными индикаторами заявленных компетенций. Таким образом, учет на уровне профессиональных компетенций целей государственной политики, требований рынка труда, законодательной базы российского образования, отечественного и зарубежного опыта работодателей позволяет реализовать эффективность, уникальность и гибкость образовательной стратегии вуза.

Ключевые слова: самостоятельно установленный образовательный стандарт, федеральный государственный образовательный стандарт, профессиональные компетенции, область профессиональной деятельности, профессиональные задачи выпускника, объект профессиональной деятельности, рынок труда, профессиональный опыт работодателя, гибкость образовательной стратегии

DESIGN OF PROFESSIONAL COMPETENCES FOR THE ESTABLISHED EDUCATIONAL STANDARD WITHIN 45.03.02. «LINGUISTICS» STUDY PROGRAM

Baranova T.A., Volodarskya E.B.

Institute of Humanities, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic university, St Petersburg, e-mail: baranova.ta@flspbgpu.ru, volodaelena@yandex.ru

Abstract. Educational process of modern high schools is defined by the state policy, labor market, requirements of employees, domestic and overseas experience of experts in the certain sphere. Established educational standards raise efficiency of specialists training, who fulfill the market demand, by the result-oriented process of building the professional competences, which seem to be prospect in terms of further development of the industry. Professional competences (both compulsory and recommended ones) fit the aims of the established educational standard. While designing the professional competences we should comply educational discipline content with educational legislation and findings of potential employees. Design of professional competences involves four phases: definition of the professional area and its correlation with university curricula, search for the functional professional standard, setting the professional goals of graduates and description of major objects of professional activity of future specialists. Compulsory and recommended professional competences of established educational standards are assigned to each discipline within the university curriculum, while the aims of each discipline are specified by the suggested indicators. Thus, if professional competences are based on the purposes of state policy, labor market demands, educational legislation of the Russian Federation, experience of domestic and overseas employees, the high school will realize efficiency, uniqueness and flexibility of its educational strategy.

Keywords: established educational standards, federal state educational standards, professional competences, professional area, professional goals of a graduate, objects of professional activity, labor market, professional experience of employees, flexibility of educational strategy

Современная система российского образования требует от вузов реализации требований государства к качеству подготовки высококвалифицированных кадров и ориентирует образовательный процесс на цели работодателей и их профессиональный опыт. Самостоятельно установленные образовательные стандарты высшего образования (СУОС ВО) оправдывают свою правомерность с точки зрения выполнения государственного заказа, расширения потенциала федеральных государственных

стандартов высшего образования (ФГОС ВО), реализации уникальности образовательных программ, соответствия целей обучения спросу на рынке труда, гибкости и эффективности образовательной стратегии учебного заведения.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), как национальный исследовательский университет, в соответствии со статьей федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» имеет право самостоятельно устанавливать и утверждать образовательные стандарты по всем уровням высшего образования с ограничениями по планируемым результатам обучения и условиям реализации образовательных программ [1]. Самостоятельно устанавливаемые образовательные стандарты высшего образования отличаются от федеральных государственных стандартов высшего образования, но не могут занижать их требования к процессу, принципам, целям и результату обучения.

Следует отметить, что СУОС, так же как и ФГОС ВО, призваны обеспечить единство образовательного пространства Российской Федерации, преемственность основных образовательных программ, вариативность содержания образовательных программ соответствующего уровня образования и государственные гарантии уровня и качества образования.

Цель исследования: качество образования должно отражать «соответствие выбранной цели» [2]. Данное положение приводит нас к выводу о том, что если цель высшего образования сегодня заключается в подготовке высококвалифицированного специалиста, то качество процесса обучения в вузе оценивается по итоговому результату, то есть по профессиональным достижениям выпускников, которые выражаются в сформированных профессиональных компетенциях.

Материалы и методы исследования

Требования СУОС ВО СПбПУ соответствуют программе развития и образовательной политике университета, Федеральному закону от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [1], а также конкретизируют структуру и содержание образовательных программ. Для определения результатов образовательной программ бакалавриата и магистратуры используются универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Проектирование и разработка профессиональных компетенций (ПК) СУОС по направлению 45.03.02 Лингвистика для ООП (основной образовательной программы 45.03.02_01 Теория и методика преподавания иностранных языков и культур) основаны на учете всех требований ФГОС 3 + [3], концепции проекта ФГОС 3 + + [4], а также профессиональных стандартов [5], квалификационных требований [6] и специфики миссии и образовательной политики СПбПУ [7].

Образовательный стандарт, установленный СПбПУ самостоятельно, представляет собой совокупность обязательных требований при реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата по направлению подготовки 45.03.02 «Лингвистика», выполняемых СПбПУ, в соответствии с лицензией на право ведения образовательной деятельности [8].

Программа бакалавриата формируется из дисциплинарных модулей, модулей проектной деятельности и государственной итоговой аттестации. Структура программы бакалавриата по направлению 45.03.02 состоит из следующих элементов:

1. Обязательные унифицированные дисциплинарные модули:
   – общеобразовательный модуль;
   – фундаментальный модуль.
2. Профессиональные модули:
   – обязательные базовые модули направления;
   – модули направленности (профиля);
   – элективные модули направленности (профиля).
3. Элективные модули мобильности.
4. Модуль проектной деятельности.
5. Государственная итоговая аттестация – ГИА.
6. Факультативные модули (дисциплины).

Профессиональные компетенции осваиваются при прохождении модуля направленности (профиля), в элективного модуля направленности (профиля), модуля проектной деятельности, в состав которого входят педагогическая практика, практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности и преддипломная практика.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе подготовки СУОС к реализации мы формулировали профессиональные компетенции (ПК) для лингводидактического (педагогического) вида деятельности в четыре этапа на основе анализа их практической целесообразности.

На первом этапе были определены область и сферы профессиональной деятельности, соответствующие вышеуказанной ООП:

– 01 Образование и наука (в сфере дошкольного, начального общего, основного и среднего общего образования, среднего профессионального образования, дополнительного образования),

а также сферы:

– межъязыковой и межкультурной коммуникации;

– научных исследований.

На втором этапе работа велась по выбору профессиональных стандартов, соответствующих вышеуказанной ООП. Из перечня профессиональных стандартов, утвержденных приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, были выбраны следующие:

– 01.001 Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность

в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»;

– 01.003 Профессиональный стандарт «Педагог дополнительного образования детей и взрослых»;

– 01.004 Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования».

На третьем этапе разрабатывались профессиональные задачи, которые выпускники, освоившие программу бакалавриата, будут способны решать в своей будущей профессиональной деятельности:

− осуществление профессиональной деятельности в соответствии с нормативно-правовыми актами в сфере образования и нормами профессиональной этики;

− реализация духовно-нравственного воспитания обучающихся в учебной и внеучебной деятельности;

− проведение совместной учебной и воспитательной деятельности обучающихся в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов.

На следующем этапе были определены основные объекты (области знания) профессиональной деятельности выпускников в соответствии с их будущей лингводидактической (педагогической) профессиональной деятельностью:

– образовательный процесс;

– образовательные программы, в том числе индивидуальные;

– воспитывающая образовательная среда;

– образовательные результаты;

– педагогические технологии в профессиональной деятельности;

– образовательные отношения;

– специальные научные знания, в том числе в предметной области.

При разработке СУОС в разделе профессиональных компетенций основной акцент делался на том, что профессиональные компетенции, устанавливаемые ООП, формируются на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников, а также на основе анализа требований рынка труда к выпускникам определенного направления подготовки, обобщения отечественного и зарубежного опыта, результатов консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой будут востребованы выпускники.

Профессиональные компетенции устанавливались настоящим СУОС в качестве обязательных и рекомендуемых. При этом для обязательных профессиональных компетенций (ПК-1-6), структурированных по задачам профессиональной деятельности, было установлено соответствие профессиональным компетенциям ФГОС ВО по направлению 45.03.02 «Лингвистика», а рекомендуемые ПК (ПК-16) разрабатывались организацией самостоятельно.

Все компетенции вышеуказанного СУОС распределялись по группам, объединяющим образовательные дисциплины по их содержательному наполнению, например: ПК-1 соответствует группе дисциплин «Теоретические основы профессиональной педагогической деятельности»; ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-16 – «Организация и методика профессиональной педагогической деятельности»; ПК-4 – «Методология и понятийный аппарат профессиональной педагогической деятельности»; ПК-6 – «Планирование профессиональной педагогической деятельности».

Результаты обучения по дисциплинам (модулям) и практикам были соотнесены с установленными индикаторами достижения компетенций, которые конкретизируют цели каждой дисциплины ООП в процессе формирования профессиональных компетенций (таблица).

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Владеет теоретическими основами обучения иностранным языкам, закономерностями становления способности к межкультурной коммуникации	ИД-1$_{ПК-1}$ Понимает цели, принципы и содержание языковой политики в области лингвистического образования, направленного на обучение иностранному языку в разных типах учебных заведений ИД-2$_{ПК-1}$ Имеет представление о содержании, структуре системы обучения иностранным языкам, понятийно-терминологическом аппарате методики обучения иностранным языкам ИД-3$_{ПК-1}$ Понимает особенности взаимодействия методики обучения иностранным языка с базисными для нее науками

Окончание таблицы

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-2. Владеет средствами и методами профессиональной деятельности учителя и преподавателя иностранного языка, а также закономерностями процессов преподавания и изучения иностранных языков	ИД-1$_{ПК-2}$ Демонстрирует личностно-профессиональное самопознание в контексте осваиваемой педагогической профессии ИД-2$_{ПК-2}$ Структурирует занятие по иностранному языку с учётом целей обучения, подходов к обучению языку, содержания и средств обучения в разных типах учебных заведений ИД-3$_{ПК-2}$ Систематизирует достижение педагогики и психологии для построения программы личностного профессионального роста ИД-4$_{ПК-2}$ Создает продуктивные психолого-педагогические условия для обучающихся разных типов учебных заведений
ПК-3 Способен использовать учебники, учебные пособия и дидактические материалы по иностранному языку для разработки новых учебных материалов по определенной теме	ИД-1$_{ПК-3}$ Эффективно осуществляет отбор учебников, учебных пособий и дидактических материалов ИД-2$_{ПК-3}$ Вносит изменения в существующие учебные материалы и самостоятельно разрабатывает собственные по определенной теме
ПК-4 Способен использовать достижения отечественного и зарубежного методического наследия, современных методических направлений и концепций обучения иностранным языкам для решения конкретных методических задач практического характера	ИД-1$_{ПК-4}$ Демонстрирует понимание основных этапов развития методики обучения иностранным языкам в России и за рубежом ИД-2$_{ПК-4}$ Использует приемы, методы, современные технологии обучения иностранным языкам в практической деятельности
ПК-5 Способен критически анализировать учебный процесс и учебные материалы с точки зрения их эффективности	ИД-1$_{ПК-5}$ Критически анализирует урок иностранного языка ИД-2$_{ПК-5}$ Осуществляет анализ учебного процесса и учебных материалов с целью их рационального и эффективного использования при обучении иностранному языку
ПК-6 Способен эффективно строить учебный процесс, осуществляя педагогическую деятельность в образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего и среднего профессионального образования, а также дополнительного лингвистического образования (включая дополнительное образование детей и взрослых и дополнительное профессиональное образование) в соответствии с задачами конкретного учебного курса и условиями обучения иностранным языкам	ИД-1$_{ПК-6}$ Планирует процесс обучения иностранным языкам в соответствии с целями и задачами, заявленными в программе, а также с учётом условий обучения ИД-2$_{ПК-6}$ Организует процесс обучения иностранным языкам на различных этапах обучения с использованием современных УМК, учебных пособий, других средств обучения в соответствии с поставленными целями ИД-3$_{ПК-6}$ Разрабатывает план урока и учебные материалы по иностранному языку и с использованием ИКТ и современных технологий обучения
ПК-16. Владеет современными методами и технологиями интегрированного обучения языкам и профильным дисциплинам в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях технической направленности и организациях дополнительного профессионального образования	ИД-1$_{ПК-16}$ Демонстрирует знание теоретических основ обучения иностранным языкам, современных педагогических технологий, реализуемых в рамках традиционных и инновационных подходов в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях технической направленности и организациях дополнительного профессионального образования ИД-2$_{ПК-16}$ Понимает содержание и структуру системы обучения иностранным языкам в общеобразовательных организациях, профессиональных образовательных организациях технической направленности и организациях дополнительного профессионального образования

Заключение

Опыт разработки и реализации в учебном процессе вуза профессиональных компетенций, как обязательных, так и рекомендуемых, по направлению 45.03.02 «Лингвистика» доказал необходимость выполнения конкретизированных требований к квалификационным характеристикам выпускников от ведущих работодателей отрасли, что позволяет говорить о конкурентноспособности выпускаемых специалистов на национальном и на международном уровнях. Данный факт, безусловно, способствует

повышению имиджа Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, продвигает его позицию в мировом научно-образовательном пространстве, создает предпосылки для создания и реализации мультидисциплинарных образовательных программ, которые будут актуальны и востребованы.

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 (дата обращения: 05.09.2018).

2. Булаев Н.И., Козлов В.Н., Оводенко А.А., Рудской А.И. Системные ресурсы качества высшего образования России и Европы. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 460 с.

3. Приказ Минобрнауки России от 07.08.2014 № 940 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 45.03.02 Лингвистика (уровень бакалавриата)» (Зарегистрировано в Минюсте России 25.08.2014 № 33786) [Электронный ресурс]. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/450302_Lingvistika.pdf (дата обращения: 25.08.2018).

4. Проект ФГОС 3++ [Электронный ресурс]. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/ProjFGOSVO3++ /Bak3++ /450302_B_3plus_22112017.pdf (дата обращения: 25.08.2018).

5. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 11 января 2011 г. № 1н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования» [Электронный ресурс]. URL: http://base.garant.ru/55170898/#ixzz5KO9kvRnQ (дата обращения: 02.09.2018).

6. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 8 сентября 2015 г. № 608н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования» [Электронный ресурс]. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/01.004.pdf (дата обращения: 02.09.2018).

7. Образовательная политика в части управления и реализации моделей образовательных программ высшего образования [Электронный ресурс]. URL: https://dep.spbstu.ru/userfiles/files/prev/docs/general/obr_politika_21_03_2016.pdf (дата обращения: 02.09.2018).

8. Положение «О разработке и утверждении образовательных стандартов высшего образования и внесении в них изменений» [Электронный ресурс]. URL: https://dep.spbstu.ru/normativnye_dokumenty (дата обращения: 05.09.2018).

УДК 373.1

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ПОДРОСТКОВ СРЕДСТВАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Гайфуллина А.З., Гильманшина С.И.

ФГАОУ ВО «Казанский федеральный университет», Казань, e-mail: gilmanshina@yandex.ru

Анализируется процесс формирования у подростков эколого-химической культуры на основе интегративного подхода, выполняющего системообразующую функцию. Применение указанного подхода и принципов системности знаний, непрерывности и преемственности при разработке педагогических условий формирования эколого-химической культуры подростков средствами информационных технологий позволило внести целостность и согласованность в систему непрерывного экологического образования школьников. Обоснована авторская трактовка эколого-химической культуры, определены задачи ее формирования средствами информационных технологий. Разработаны и теоретически обоснованы педагогические условия формирования эколого-химической культуры подростков средствами информационных технологий: применение факультативных курсов на основе информационных технологий, направленных на формирование эколого-химической культуры как фактора экологической безопасности общества и стимулирующих внеурочную самостоятельную работу подростков с учетом специфики региона и целостности природных экосистем; оптимальное обновление содержания подготовки по химии и биологии в соответствии с возможностями информационных технологий с целью формирования системности знаний подростков в отношении экологически безопасных действий; учет возрастных и индивидуальных особенностей учащихся, их интереса к информационным технологиям при разработке учебно-исследовательских заданий эколого-химической направленности по пропаганде здоровье- и энергосбережения, предотвращению природных и техногенных чрезвычайных ситуаций; усиление рефлексивного характера экологически безопасных действий в природной и виртуальной средах.

Ключевые слова: естественнонаучное образование, экологическая культура, эколого-химическая культура

PEDAGOGICAL CONDITIONS OF FORMING ECOLOGICAL-CHEMICAL CULTURE OF ADOLESCENTS BY MEANS OF INFORMATION TECHNOLOGY

Gayfullina A.Z., Gilmanshina S.I.

Kazan Federal University, Kazan, e-mail: gilmanshina@yandex.ru

It has been analyzed the process of formation of adolescents' ecological-chemical culture on the basis of an integrative approach that performs a system-forming function. The application of this approach and the principles of systematic knowledge and continuity in the development of pedagogical conditions for the formation of ecological-chemical culture of adolescents by means of information technology has made it possible to bring integrity and consistency in the system of continuous environmental education of schoolchildren. The author's interpretation of ecological-chemical culture is proved, the tasks of its formation by means of information technologies are defined. Pedagogical conditions of formation of ecological-chemical culture of adolescents by means of information technologies are developed and theoretically proved: the use of optional courses on the basis of information technologies aimed at the formation of ecological-chemical culture as a factor of environmental safety of society and stimulating independent work of adolescents, taking into account the specifics of the region and the integrity of natural ecosystems; optimal updating of the content of training in chemistry and biology in accordance with the possibilities of information technology in order to form a systematic knowledge of adolescents in relation to environmentally safe actions; taking into account the age and individual characteristics of students, their interest in information technology in the development of educational and research tasks of ecological and chemical orientation to promote health and energy conservation, prevention of natural and man-made emergencies; strengthening the reflexive nature of environmentally friendly actions in natural and virtual environments.

Keywords: natural science education, ecological culture, ecological-chemical culture

Грамотность большинства людей в вопросах взаимосвязи химии и экологии начинает формироваться в школе. Этот процесс связан с непрерывным экологическим образованием [1–3] и формированием эколого-химической культуры учащихся в процессе изучения химии и биологии. Эколого-химическая культура, как отмечается в [4], интегрирует соответствующие компетенции, культуру мышления, познавательной деятельности, труда и духовного общения с природой. Она отражает во взаимосвязи химическую и эколого-правовую грамотность по регуляции деятельности человека и природы, обеспечению качества окружающей природной среды в условиях постиндустриального, информационного общества [4, с. 161].

Однако если формирование экологической культуры [5, 6], экологической грамотности [7], а также необходимости для этого специальных педагогических воздействий [8–10] и информационных технологий [11, 12] всегда привлекало внимание исследователей, то формированию эколого-химической культуры уделяется явно не-

достаточно внимания. При этом, с учетом того, что в антропогенном воздействии на окружающую среду химический компонент является основным, можно считать, что важнейшим компонентом экологической культуры личности служит ее эколого-химическая культура. Причем эколого-химическая культура является более широким понятием по сравнению с химико-экологической компетентностью, формирование которой через элективные курсы исследовано в [13, 14].

Однако анализа научных работ, посвященных формированию эколого-химической культуры подростков, крайне мало, и они носят фрагментарный характер.

Повышению внимания к формированию эколого-химической культуры в настоящее время способствует внедрение нового образовательного стандарта, где прописана необходимость ее формирования в условиях новой информационно-образовательной среды.

Следовательно, разработка педагогических условий формирования эколого-химической культуры подростков средствами информационных технологий сегодня весьма актуальна и требует специального научного исследования.

Цель исследования: разработать педагогические условия формирования эколого-химической культуры подростков средствами информационных технологий в процессе обучения химии и биологии.

Материалы и методы исследования

Ведущим подходом в исследовании является интегративный подход, выполняющий системообразующую функцию. В организационном плане он предполагает интеграцию целей и задач учителей и учеников в деятельности по формированию эколого-химической культуры, взаимодействие учителей химии, биологии и информатики; в содержательном плане – интеграцию экологического образования и подготовки по биологии, химии, информатике; в технологическом плане – интеграцию информационных технологий с традиционной технологией обучения естественнонаучным предметам, направленных на эффективное формирование экологической культуры подростков как фактора экологической безопасности общества. В рамках подхода реализуются соответствие содержания педагогических условий формирования эколого-химической культуры его целям, а также принципам системности знаний, непрерывности и преемственности. Применение указанного подхода и принципов при разработке педагогических условий формирования эколого-химической культуры подростков средствами информационных технологий позволяет внести целостность и согласованность в систему непрерывного экологического образования школьников.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований было уточнено определение эколого-химической культуры, обозначенное в [4]. Мы полагаем, что эколого-химическая культура отражает во взаимосвязи эколого-химическую и эколого-правовую грамотность по регуляции взаимодействий с природой и последствий деятельности человека для обеспечения необходимого для успешной жизнедеятельности качества окружающей природной среды и экологической безопасности постиндустриального информационного общества.

В целом эколого-химическая культура интегрирует общие естественнонаучные знания, осведомленность о роли химии в решении экологических проблем и природоохранной деятельности, экологические нормы отношения к миру, друг к другу и экологически направленное мышление.

Формирование эколого-химической культуры подростков средствами информационных технологий связывается с решением следующих частных задач: организация учебно-воспитательного процесса на основе интеграции содержания химии и информатики; формирование естественнонаучной картины мира и культуры логического мышления; знакомство с ролью химии в решении экологических проблем и природоохранной деятельности; развитие экологических норм поведения и экологически направленного творческого мышления в процессе изучения химии и биологии.

Вторая задача – формирование естественнонаучной картины мира и культуры логического мышления (обучение описанию, объяснению, построению гипотез, доказательству и т.д.) – является основополагающей. Ее решение невозможно без современного химического образования, без четкого определения места химии в системе естествознания и ее роли в эволюции Природы, а также в жизнеобеспечении людей. Знания, накопленные в процессе изучения химических явлений, обогащают и углубляют представления человека о диалектике природных явлений и тем самым способствуют формированию естественнонаучной картины мира. Современная естественнонаучная картина мира у школьников может сформироваться только в результате усвоения логики строения химического вещества, закона периодичности и закономерностей протекания химических реакций. Для этого необходимо, во-первых, вооружение логикой и методами химии. Во-вторых, обучение специализированному химическому языку, умениям описывать и объяснять химические явления, предвидеть ход химических реакций, доказывать истинность выводов химической науки. В-третьих, развитие интеллектуальных химических способностей (способность к формализации хими-

ческого материала, преобразованию химических структур, оперированию числовой и знаковой символикой).

Таким образом, педагогические условия формирования эколого-химической культуры средствами информационных технологий должны быть направлены на обеспечение заинтересованности подростков в экологически безопасной деятельности, как в природной, так и искусственной виртуальной среде химического образования.

Проведенное исследование позволило выделить и теоретически обосновать четыре таких педагогических условия, направленных на воспитание у учащихся самоопределения в отношении экологически безопасных действий.

Первое условие – применение факультативных курсов на основе информационных технологий, направленных на формирование эколого-химической культуры как фактора экологической безопасности общества и стимулирующих внеурочную самостоятельную работу подростков. Его суть в том, что логику построения факультативных курсов на основе информационных технологий можно определить исходя из анализа взаимодействия в замкнутой системе: природа – здоровье человека – искусственная среда – природа. При этом рассматривается воздействие созданной человеком искусственной среды на его здоровье и систематизация знаний по естественнонаучным предметам в применении к прикладным задачам экологического содержания с учетом специфики региона и целостности природных экосистем.

Например, для интеграции и систематизации знаний по биологии и химии рассматривается тема «Проблемы природной среды и продовольственная проблема», где учащиеся анализируют результаты наблюдений за изменениями абиотических, биотических и антропогенных факторов и их влияние на качество сельскохозяйственной и животноводческой продукции. В обучении химии нами разработан и применяется факультатив для 9 класса «Химия и охрана окружающей среды», где учебно-тематическое планирование включает четыре раздела: «Основные эколого-химические понятия», «Химические вещества в быту», «Химические вещества и проблемы охраны окружающей среды», «Занимательная химия». Первый раздел содержит темы: «Взаимосвязь экологии и химии» и «Правила техники безопасности при работе с химическими веществами». Второй раздел включает темы: «Химические вещества, используемые дома», «Лекарства в домашней аптечке», «Синтетические моющие средства», «Сад, огород, удобрения». В третьем разделе рассматриваются темы: «Проблема загрязнения воздуха», «Проблема загрязнения водных ресурсов», «Проблема загрязнения литосферы», «Решение задач экологического содержания». На всех занятиях применяются информационно-компьютерные технологии.

Второе условие – оптимальное обновление содержания подготовки по химии и биологии в соответствии с возможностями информационных технологий с целью формирования системности знаний подростков в отношении экологически безопасных действий. Его суть в том, что на уроках по естественнонаучным предметам компьютер должен стать инструментом учебной (урочной и внеурочной) деятельности учащихся (не только средством обучения для учителя). Предполагается применение в школьной практике цифровых образовательных ресурсов (на CD и сети Интернет), отдельных доступных задач по моделированию химических явлений и осуществление критического анализа полученных компьютерных моделей, ознакомление с ролью компьютерного моделирования в современной науке и технике, выявлении и решении экологических проблем. Расширение возможностей школьного эксперимента и исследовательских заданий (проектов) по эколого-химической тематике за счет цифровых лабораторий по химии, внеклассных мероприятий по химическим основам экологических проблем с использованием цифровых образовательных ресурсов, мультимедиа для создания интерактивных презентаций, цифровых фото- и видеокамер. В реализации данного педагогического условия помогает интернет, а именно применение цифровых образовательных ресурсов, размещенных на сайте «Единой коллекции образовательных ресурсов». Наиболее оптимально согласуется содержание школьной химии по программе О.С. Габриеляна с воспитанием экологически безопасного поведения в природной среде по следующим темам: «Экологическая паутина химии элементов», 8 класс; «Вода», 9 класс; «Экология жилища», 9 класс; «Кислород. Оксиды. Горение. Экологический аспект», 9 класс; «Нефть, состав, свойства, переработка», 10 класс; «Глобальные проблемы человечества», 10 класс; «Экологические проблемы и их решение», 11 класс; «Химия и экология. Охрана среды от химического загрязнения», 11 класс. По каждой из этих тем имеются обширные возможности информационных технологий для формирования системности знаний подростков в отношении экологически безопасных действий и эколого-химической культуры.

Третье условие – учет возрастных и индивидуальных особенностей учащихся, их интереса к информационным технологиям при разработке учебно-исследовательских заданий эколого-химической направленности по пропаганде здоровье- и энергосбережения, предотвращению природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. Данное условие предполагает реализацию субъект-субъектных отношений и личностно ориентированного обучения, отношения к подростку как субъекту развития и саморазвития, создание условий для его самореализации средствами информационных технологий. Учебно-исследовательские задания, ориентированные на здоровье- и энергосбережение, предотвращение природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, рассчитаны на разные возрастные особенности подростков. Каждое задание направлено на расширение кругозора и развитие интереса подростков к вопросам здоровье- и энергосбережения, предотвращению чрезвычайных ситуаций, способности к экологически безопасной деятельности с учетом их возраста и воспитания.

Все учебно-исследовательские проектные задания группируются в пять блоков. По каждому блоку для выполнения проектов даются ссылки на соответствующие интернет-ресурсы.

Первый блок заданий, рассчитанных на учащихся 7–8-х классов, включает исследование опасных производственных объектов своего района и рассмотрение методов предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций. Предлагается примерный план изучения деятельности опасных производственных объектов (характеристика объекта, требования промышленной безопасности, техническое расследование возможной аварии), в соответствии с которым учащимся следует подготовить отчетную презентацию.

Второй блок заданий рассчитан на 8–10 классы по теме «Здоровый образ жизни». Разработанные проекты представляются в трех вариантах: в текстовом редакторе, в виде коллажа из фотографий или рисунка, выполненного в графических редакторах (Adobe Photoshop, Paint и т.д.) и в виде видеоролика, продолжительностью не более двух минут.

Третий блок проектов (для 9–11-х классов) связан с темой «Энергосбережение в школе и дома». Отчетность по проекту представляется в виде рекламного видеоролика по пропаганде эффективного и рационального использования энергоресурсов продолжительностью до 30 секунд.

Четвертый блок заданий (для 10–11-х классов) связан с выполнением проектов по теме «Безопасное поведение в случае чрезвычайных ситуаций в родной местности». Дается рекомендуемый план исследования. Отчет представляется в виде презентаций.

Пятый блок проектов (для 9–11-х классов) по пропаганде эффективного и рационального использования энергоресурсов и предотвращения изменения климата. Отчет представляется в виде плакатов, выполненных на электронном носителе в форматах PDF (программа Acrobat Reader), CDR (программа Corel Draw), INDD (программа Indesign) или JPEG (с разрешением не менее 300 dpi). Рекомендуемый формат плаката – А1.

Четвертое условие – усиление рефлексивного характера экологически безопасных действий в природной и виртуальной средах. Данное условие обусловлено тем, что умения, сформированные в виртуальном мире, не всегда адекватны по отношению к реальным объектам и применимы в реальной природоохранной деятельности. Это требует приобщения подростков к практическим действиям по охране природы. Организация этого возможна с использованием метода экологических проектов и кейс-метода. В то же время погружению в экологические проблемы способствуют их виртуальные модели, представленные в сети Интернет своеобразные компьютерные «игрушки», позволяющие оценить воздействие техносферы на природу. Усиление рефлексивного характера экологически безопасных действий обуславливает позитивность обучения, сочетающего погружение в виртуальную среду с практической деятельностью по охране природы.

Экспериментальная апробация разработанных педагогических условий позволяет говорить об их эффективности, поскольку была достигнута позитивная динамика в уровнях сформированности основных показателей эколого-химической культуры (образовательного, мотивационно-деятельностного, эмоционально-чувственного).

Заключение

Разработаны и теоретически обоснованы педагогические условия формирования эколого-химической культуры подростков средствами информационных технологий: применение факультативных курсов на основе информационных технологий, направленных на формирование эколого-химической культуры как фактора экологической безопасности общества и стимулирующих внеурочную самостоятельную работу подростков с учетом специфики региона и целостности природных экосистем; оптимальное обновление содержания подготовки по химии и биологии в соответствии с возможностями информационных технологий

с целью формирования системности знаний подростков в отношении экологически безопасных действий; учет возрастных и индивидуальных особенностей учащихся, их интереса к информационным технологиям при разработке учебно-исследовательских заданий эколого-химической направленности по пропаганде здоровье- и энергосбережения, предотвращению природных и техногенных чрезвычайных ситуаций; усиление рефлексивного характера экологически безопасных действий в природной и виртуальной средах.

Список литературы

1. Аргунова М.В. Экологическое образование в интересах устойчивого развития как надпредметное направление модернизации школьного образования: дис. … д-ра пед. наук. Москва, 2010. 385 с.

2. Гайсин И.Т. Экологическое образование и воспитание учащихся в урочное и во внеурочное время // Актуальные проблемы инновационного педагогического образования. 2018. № 1 (4). С. 9–12.

3. Гайсин И.Т., Гайсин Р.И., Сарачоглу З. Преемственность эколого-экономического образования обучающихся общеобразовательных и профессиональных учебных заведений // Самарский научный вестник. 2015. № 1 (10). С. 55–58.

4. Гильманшина С.И., Ямалтдинов Р.К. Формирование эколого-химической культуры в условиях новой информационно-образовательной среды // Образование и саморазвитие. 2014. № 1 (39). С. 161–164.

5. Трегубова О.Г. Воспитание экологической культуры у подростков в условиях образовательной среды школы: автореф. дис. … канд. пед. наук. Пермь, 2015. 26 с.

6. Полянская Е.И. Педагогические условия развития экологической культуры учащихся краеведческими средствами: автореф. дис. … канд. пед. наук. Воронеж, 2010. 23 с.

7. Gilmanshina S.I., Gayfullina A.Z., Fedotova N.R., Gilmanshin I.R. Building the Environmental Literacy Through School Natural Science Education. Astra Salvensis. 2018. Vol. VI. Special Issue. P. 245–253.

8. Моисеева Л.В., Файрушина С.М. Экологическая педагогика: современный аспект. Казань: Изд-во МОиН РТ, 2010. 326 с.

9. Заборина М.А. Экологическое воспитание студентов учреждений среднего профессионального образования: автореф. дис. … канд. пед. наук. Калуга, 2015. 22 с.

10. Gilmanshina S.I., Gilmanshin I.R. Building axiological competence of graduate students by means of project-based learning. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. P. 012029–012032. DOI: 10.1088/1757-899X/86/1/012029.

11. Гильманшина С.И., Ямалтдинов Р. К. Информационные технологии в системе формирования экологической культуры подростков при изучении естественнонаучных дисциплин // Фундаментальные исследования. 2014. № 11–5. С. 1156–1160.

12. Абрамова Н.Ю., Кассовская С.А., Кузнецова Н.Е. Интернет-технологии в формировании информационной, валеологической и экологической культуры учащихся при изучении естественнонаучных дисциплин // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2006. 4 (32). С. 362–366.

13. Горбенко Н.В. Педагогические условия формирования и развития химико-экологической компетентности старшеклассников через элективные курсы: автореф. дис. … канд. пед. наук. Москва, 2009. 16 с.

14. Горбенко Н.В., Тупикин Е.И., Карпов Г.М. Наш подход к формированию химико-экологической компетентности // Химия в школе. 2010. № 7. 24 с.

УДК 372.851

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ УЧАЩИХСЯ НА СОВРЕМЕННОМ УРОКЕ МАТЕМАТИКИ

[1]Дорофеев С.Н., [2]Журавлева О.Н., [2]Рыбина Т.М., [2]Сарванова Ж.А.

[1]ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, e-mail: komrad.dorofeev2010@yandex.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: olga_zhuravleva@inbox.ru, tmrybina@yandex.ru, sarvan@yandex.ru

Статья посвящена проблеме формирования наиболее значимых в современном образовательном пространстве исследовательских компетенций школьников. Целью исследования является обоснование идеи формирования исследовательских компетенций школьников на уроках математики как образовательной стратегии. Исследование проводилось на основе использования методов наблюдения, анкетирования учителей и учащихся, анализа научно-методической литературы по проблеме исследования, обобщения передового педагогического опыта по организации учебно-исследовательской деятельности учащихся, моделирования, эксперимента. В работе описана образовательная стратегия, составляемая целями формирования исследовательских компетенций школьников, содержательным аспектом, педагогической поддержкой и осуществлением обратной связи с учащимися. В статье раскрыто содержание понятий «исследовательские компетенции», выделены их структурные элементы, исходя из понимания компетенций как знания, способов деятельности и опыта. Авторами раскрывается содержание знаниевого компонента изучаемых компетенций, определяются понятия исследовательских умений и описывается их состав, подчеркивается что у учащихся формируется опыт выполнения исследовательской деятельности. Выделяя ключевые, базовые и специальные исследовательские умения, учтена специфика математического содержания, особенности обучения и современного урока математики. В работе также охарактеризованы этапы становления исследовательских компетенций школьников, средства их формирования и приемы.

Ключевые слова: исследовательские компетенции школьников, исследовательские умения, образовательная стратегия, компетентностный подход, современный урок математики

FORMATION OF RESEARCH COMPETENCES OF STUDENTS AT MODERN LESSON OF MATHEMATICS

[1]Dorofeev S.N., [2]Zhuravleva O.N., [2]Rybina T.M., [2]Sarvanova Zh.A.

[1]Tolyatti State University, Tolyatti, e-mail: komrad.dorofeev2010@yandex.ru;

[2]Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evseev, Saransk, e-mail: olga_zhuravleva@inbox.ru, tmrybina@yandex.ru, sarvan@yandex.ru

The article is devoted to the problem of formation of research competencies of schoolchildren, most significant in the modern educational space. The purpose of the study is to substantiate the idea of forming the research competencies of schoolchildren in the lessons of mathematics as an educational strategy. The study was conducted on the basis of the use of observation methods, questioning of teachers and students, the analysis of scientific and methodological literature on the research problem, the generalization of advanced pedagogical experience in the organization of students' learning and research activities, modeling, and experiment. The paper describes the educational strategy, which is formed by the goals of forming the research competencies of schoolchildren, the content aspect, pedagogical support and feedback from students. In the article the content of the concepts «research competence» is revealed, their structural elements are identified, proceeding from the understanding of competences as knowledge, modes of activity and experience. Authors disclose the content of the knowledge component of the competences studied, define the concepts of research skills and describe their composition, emphasizes that students are formed the experience of performing research activities. Highlighting key, basic and special research skills, the specificity of the mathematical content, the features of instruction and the modern lesson of mathematics are taken into account. The work also describes the stages in the development of research competencies of schoolchildren, the means of their formation and methods.

Keywords: research competence of students, research skills, educational strategy, mathematics competence approach, modern math lesson

В современных условиях в российской системе образования осуществляются преобразования, обусловленные введением в практику федеральных государственных образовательных стандартов начального, общего и среднего (полного) общего образования [1]. Системно-деятельностный подход, как методологическая основа названных стандартов, определяет задачи «формирования готовности обучающихся к саморазвитию и непрерывному образованию; проектирования и конструирования развивающей образовательной среды образовательного учреждения; организацию активной учебно-познавательной деятельности обучающихся; построение образовательного процесса с учётом индивидуальных, возрастных, психологических, физиологических особенностей и здоровья обучающихся» [1]. Основные положения

стандартов обуславливают в качестве одной из наиболее значимых проблему подготовки выпускников школ, которые должны обладать широкой образованностью, владеть системой знаний и умений, придерживаться идейно-нравственных, культурных и этических принципов, норм поведения, проявлять творческий подход к решению проблем, уметь принимать рациональное решение в ситуации выбора, проявлять изобретательность, мобильность, самостоятельность, коммуникативные способности. Обобщая сказанное, отметим, что в школьном математическом образовании в настоящее время явно выделена проблема формирования у учащихся исследовательских компетенций. Для ее решения необходимо изменить подходы к конструированию всей системы образования, но в первую очередь с научно обоснованных позиций подойти к проблеме формирования исследовательских компетенций школьников в процессе обучения математике, прежде всего на уроках.

Цель исследования: обосновать идею формирования исследовательских компетенций школьников на современном уроке математики как образовательную стратегию.

Материалы и методы исследования

Методологической основой формирования исследовательских компетенций школьников являются прежде всего компетентностный, деятельностный и личностно-ориентированный подходы [2–4]. Реализация указанных подходов в рамках нашего исследования включает соблюдение принципов: проблемного обучения; включения исследовательских действий (умений) в содержание математической деятельности учащихся; сотрудничества; сочетания исследовательской деятельности на уроке и во внеурочных формах обучения. Более детально концептуальные аспекты данного процесса описаны авторами в работе [5].

В исследовании был применен комплекс методов: наблюдение, анкетирование учителей и учащихся, анализ научно-методической литературы по проблеме исследования, обобщение передового педагогического опыта по организации учебно-исследовательской деятельности учащихся, моделирование, эксперимент.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенное нами исследование показало, что формирование исследовательских компетенций школьников – это сложный и многогранный процесс. Для раскрытия его содержания и особенностей была построена модель формирования исследовательских компетенций школьников в обучении математике, охарактеризованная нами в работе [5]. В ходе построения указанной модели нами были выявлены особенности формирования исследовательских компетенций на уроках математики и во внеурочной деятельности. Однако, как показывает практика, подготовка учащихся к исследовательской деятельности ведется в основном в рамках внеурочной формы работы, а также дополнительного образования, осуществляемого на базе вузов. На наш взгляд, процесс включения учащихся в исследовательскую деятельность должен быть непрерывным, последовательным и начинаться именно на уроке. Поэтому мы считаем необходимым охарактеризовать формирование исследовательских компетенций школьников на уроке как образовательную стратегию, которой должен придерживаться учитель для достижения эффективных результатов обучения.

Понятие образовательной (педагогической) стратегии вошло в практику сравнительно недавно, поэтому имеет смысл вначале определить его, опираясь на исследования [6, 7]. Один из основных смыслов, вкладываемых в понятие стратегия, – это «общая руководящая линия, направленная на достижение конечных целей в какой-либо деятельности» [6]. Педагогическую стратегию соотносят с деятельностью, в которой выделяются цель как стратегический ориентир, пути и средства ее достижения; творческий процесс, протекающий во времени и представляющий собой совокупность целесообразных действий, направленных на достижение определенного результата [6]. Образовательная стратегия – это «концепция, являющаяся основой образовательной политики; которая характеризует долговременные, наиболее принципиальные, важные установки, планы, основные направления и принципы развития системы образования как целостного социального института» [7, с. 2]. Чтобы раскрыть содержание образовательной стратегии, необходимо определение цели, описание процесса усвоения содержания, педагогической поддержки и обратной связи [7].

Цель реализации образовательной стратегии формирования исследовательских компетенций школьников. В рамках исследования в качестве ведущей идеи в обучении математике в условиях новых образовательных стандартов нами была выбрана образовательная стратегия формирования исследовательских компетенций школьников. Названная стратегия предполагает формирование у учащихся системы исследовательских компетенций на уроках математики.

Раскрытие содержательного аспекта формирования исследовательских компетенций школьников предполагает характеристику ключевых понятий данного процесса. Следуя мнению, высказанному

А.В. Хуторским, мы будем понимать под компетенциями совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), которые необходимы для качественной продуктивной деятельности, а компетентность определим как обладание компетенциями [4]. В современных условиях исследовательские компетенции – это учебно-познавательные ключевые компетенции, формирование которых является обязательным требованием современных образовательных стандартов. Как известно, компетенции формируются в процессе активной деятельности. Согласно компетентностному подходу, необходимость реализации в современном образовании триады составляющих исследовательской деятельности «знания – умения – опыт деятельности» позволяет в полной мере реализовать указанные требования.

Опираясь на сформулированное определение понятия компетенции и учитывая результаты проведенных исследований в изучаемой нами области [8–10] и др., определим исследовательские компетенции как совокупность знаний в определенной области, наличие исследовательских умений, опыта и способности применять эти знания и умения в конкретной деятельности. Первый компонент указанных компетенций, назовем его знаниевый, включает в себя знания: основных признаков существования проблемы и способов ее выделения, способов формулирования цели исследования; назначения гипотезы в исследовании и основных способов ее формулирования; роли задач исследования и способов их постановки; основных методов исследования и правил адекватного их выбора; основных правил логического вывода [8]. В силу целей и особенностей уроков математики формирование полной системы знаний о проведении исследования не представляется возможным. Осуществить этот процесс целесообразно в ходе специально организованной внеурочной деятельности (элективные курсы, занятия математического кружка, в рамках дополнительного образования [11]).

Ведущим компонентом исследовательских компетенций, согласно мнению большинства исследователей, является формирование исследовательских умений учащихся [8, 9, 12] и др. Исследовательские умения определим, следуя Н.Л. Стефановой, как «умения полностью или частично реализовывать этапы исследовательской деятельности на различном предметном содержании» [10, с. 172]. Опираясь на ряд работ, связанных с типологией исследовательских умений, учитывая специфику проведения урока деятельностной направленности, особенности содержания предмета математики, считаем необходимым формирования у школьников общих, базовых и частных (специальных) исследовательских умений [8, 12, 13].

Общие исследовательские умения выделяются соответственно основным этапам проведения исследования. К ним относят такие умения, как определять цель деятельности, проводить анализ условия заданной ситуации, выдвигать гипотезу, планировать и анализировать решение [8, 10, 12]. Для нашего исследования представляет интерес мнение ряда авторов работ, в частности [9], где охарактеризованы группы исследовательских умений сложного состава: операционные, организационные, коммуникативные, рефлексивные. Названные умения и группы умений инвариантны относительно различного содержания.

«Для осуществления исследовательской деятельности на основе определенного предметного содержания необходимо владеть этим содержанием. Это означает знать особенности объектов этой предметной области, представлять и уметь использовать ее методы, знать содержание важнейших понятий области и уметь ими оперировать. В связи со сказанным целесообразно выделить *базовые предметные умения*, без которых не может осуществляться исследовательская деятельность в соответствующей области» [10, с. 174]. В состав базовых математических исследовательских умений включают умения: выявлять существенные свойства понятий, устанавливать отношения между понятиями, выявлять математические закономерности, выполнять шаги (этапы) решения математической задачи и математического доказательства» [13].

К специальным исследовательским умениям относят исследовательские умения, обусловленные спецификой математики. Это, прежде всего, «умение формулировать, записывать в различных формах, математических моделях одно и то же утверждение, устанавливать аналогию методов решений задач, обнаруживать их структурное сходство; разбивать задачу на подзадачи, осуществлять обобщающие выводы» [13].

Нами выявлены три этапа в формировании исследовательских умений и опыта исследовательской деятельности школьников [5]. Пропедевтический этап реализуется в начальной школе и в 1–6-х классах начальной и основной школы, включает в себя выполнение учащимися исследовательских заданий под полным или частичным руководством учителя. Цель этого этапа – создание положительного отноше-

ния учащихся к учебной исследовательской деятельности, создание условий для развития интереса к исследовательской деятельности, формирование потребности в овладении исследовательскими умениями на уроках математики и начального опыта выполнения учебных исследований. В этот период у школьников формируются первичные представления о значимости исследовательской деятельности; происходит формирование отдельных действий, составляющих исследовательские умения. Формирующий этап реализуется в обучении математике учащихся 7–9-х классов. Его целью является формирование действий, составляющих исследовательские умения: базовых, специальных, общих и приобретение учащимися соответствующего опыта. Обобщающий этап реализуется в старшей школе. Главная направленность этапа – формирование самостоятельного опыта выполнения исследовательских работ учащимися, осуществляемого в ходе их участия в научных школьных объединениях, конференциях различного уровня и т.д. На этом этапе происходит осознание, осуществляется перенос сформированных умений в новые условия, формируются элементы исследовательских компетенций, обогащается опыт выполнения учебных исследований.

Резюмируя сказанное, отметим, что основной период формирования исследовательских умений и соответствующего опыта на уроках математики приходится на уровень 5–9 классов. На этом уровне у учащихся необходимо формировать в большей мере базовые и специальные исследовательские умения. Основным средством их формирования выступают исследовательские задачи. Под исследовательскими задачами будем понимать «задачи, процесс решения которых способствует формированию у учащихся исследовательских умений и основными чертами которых являются: постановка вопроса, при котором ответ неочевиден; широта условия, допускающая несколько вариантов его трактовки или соответствующая нескольким конфигурациям; скрытость связей условия с известными учащимся теоремами и формулами» [9]. При выполнении заданий целесообразно использовать эвристические беседы, элементы проблемного обучения, метод проектов и т.д. Процесс решения указанных задач способствует приобретению определенного исследовательского опыта учащихся. Вклад в формирование общих исследовательских умений должны вносить все учебные предметы.

Педагогическая поддержка в контексте осуществления образовательной стратегии формирования исследовательских компетенций школьников на уроке математики предполагает ряд направлений: мотивация и стимулирование выполнения учебной исследовательской деятельности учащимися; оказание консультативной помощи; создание развивающей образовательной среды и др. В частности, она заключается в помощи учителя в той или иной форме или в создании условий для учащихся с целью выполнения ими какой-либо задачи на уроке или при подготовке индивидуального исследования. В ходе урока педагогическая поддержка может быть реализована и через: демонстрацию решения исследовательских задач; рекомендации источников (справочников, сайтов); ориентирование на то, какие именно данные должны быть найдены; совместный анализ полученных данных и формулировка выводов.

Обратная связь в контексте реализации образовательной стратегии формирования исследовательских компетенций школьников предполагает выявление одного из достигнутых уровней их сформированности у учащихся: репродуктивного (характеризуется выполнением задания по данному образцу, либо следуя указаниям); продуктивного (характеризуется ситуативными, частичными проявлениями элементов исследовательских компетенций при выполнении задания); творческого (характеризуется самостоятельным выполнением задания с применением комплекса исследовательских умений в нестандартных ситуациях, самостоятельное выполнение учебного исследования) [5]. Процесс оценки сформированности компетенций предполагает текущий контроль (выявление уровня сформированности отдельных исследовательских умений учащихся на текущий момент) и итоговый контроль (выявление уровня сформированности умений в зависимости от успешности и уровня самостоятельности решения исследовательских задач, качества проведения учебного исследования), а также коррекцию полученных результатов в случае необходимости.

Заключение

В процессе изучения проблемы, заявленной в данном исследовании, мы пришли к выводу, что представление идеи формирования исследовательских компетенций школьников на уроке математики как образовательной стратегии позволяет решить задачи, определяемые современными образовательными стандартами.

Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлени-

ям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (ЧГПУ им. И.Я. Яковлева и МГПИ им. М.Е. Евсевьева) по теме «Модель подготовки учащихся к исследовательской деятельности в обучении математике в контексте современных образовательных стандартов».

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Электронный ресурс]. URL: http://base.garant.ru/55170507/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/#block_1000 (дата обращения: 10.09.2018).

2. Саранцев Г.И. Методика обучения математике: методология и теория: учеб. пособие для студентов бакалавриата высших учебных заведений по направлению «Педагогическое образование» (профиль «Математика»). Казань: Центр инновационных технологий, 2012. 246 с.

3. Капкаева Л.С. Деятельностный подход и особенности его реализации в условиях модернизации педагогической магистратуры // Гуманитарные науки и образование. 2015. № 4 (24). С. 51–57.

4. Хуторской А.В. Компетентностный подход в обучении: научно-методическое пособие. М.: Издательство «Эйдос»; Издательство Института образования человека, 2013. 73 с.

5. Журавлева О.Н., Сарванова Ж.А., Дорофеев С.Н. Формирование исследовательских компетенций школьников в обучении математике // Развитие науки и образования: коллективная монография. Вып. 1. Чебоксары: ИД «Среда», 2018. С. 212–221.

6. Игнатова В.В., Барановская Л.А. Содействие как педагогическая стратегия // Сибирский педагогический журнал. 2008. № 14 [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sodeystvie-kak-pedagogicheskaya-strategiya (дата обращения: 08.09.2018).

7. Подходова Н.С., Бондаренко Д.К. Стратегия использования субъектного опыта учащегося // Интернет-журнал «Мир науки». 2017. Т. 5, № 3. [Электронный ресурс]. URL: http://mir-nauki.com/PDF/51PDMN317.pdf (дата обращения: 08.09.2018).

8. Далингер В.А. Формирование у учащихся исследовательской компетенции в процессе обучения математике // Международный журнал экспериментального образования. 2012. № 7. С. 98–100.

9. Скарбич С.Н. Формирование исследовательских компетенций учащихся в процессе обучения решению планиметрических задач: учеб. пособие. М.: Флинта, 2011. 194 с.

10. Стефанова Н.Л. Проблема развития исследовательских умений учащихся с позиции метаметодического подхода // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2002. Т. 2. № 3. С. 167–175.

11. Рябова Н.В., Лаврентьева М.А. Сетевое взаимодействие как фактор эффективной деятельности образовательной организации // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 9–2. С. 322–326.

12. Позднякова Е.В. Формирование исследовательских умений учащихся основной школы в процессе обучения геометрии: дис. ... канд. пед. наук. Новокузнецк, 2004. 231 с.

13. Тимофеева Л.Н. Развитие исследовательских умений учащихся классов с углубленным изучением математики: На примере изучения теоретико-числового материала: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2003. 19 с.

УДК 378.14:004.9

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ, ДОКУМЕНТАЦИОННОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АТТЕСТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАК ФУНДАМЕНТ ОБЪЕКТИВИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ НАД ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ

Жданов А.И., Юргелас И.В., Корж Е.В., Юргелас Ю.Н., Фролов Р.Н., Алимкина Ю.Н.
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Воронеж, e-mail: iyurgelas@yandex.ru

В настоящей статье изложен собственный опыт разработки многоуровневой системы объективизированного контроля над образовательным процессом в высшем медицинском учебном заведении при изучении клинических дисциплин. Авторами приведена разработанная организационно-правовая база реализуемой в повседневной клинико-педагогической практике аттестационной системы в виде ряда положений: «Правила, регулирующие образовательную деятельность на клинической кафедре» регламентируют этапы (виды) и процедуры оценивания, «Требования к оценке знаний обучающихся при проведении текущей и промежуточной аттестации по преподаваемым на клинической кафедре дисциплинам» лимитируют критерии и шкалы оценивания в ходе контроля формирования компетенций. Последние изложены как в пятибалльной, так и в рейтинговой системе, а также приведены к общему знаменателю в разделе «Критерии итоговой оценки знаний обучающихся». Демонстрируемый аттестационный лист наглядно излагает вариант возможного документационного обеспечения управления организацией аттестационной системы и ведением делопроизводства в педагогической деятельности. Кроме того, сообщается о способе технического решения проблемы автоматизации, или условия эргономичности, аттестационной системы и её составляющей – балльно-рейтинговой системы путем создания программы для электронно-вычислительных машин ATTESTACIA 2.17 как составного произведения, включающего в себя ATTESTACIA 2.17.1 в качестве серверной части и ATTESTACIA 2.17.2 в качестве части клиентской.

Ключевые слова: аттестация, критерии оценивания, шкалы оценивания, аттестационный бланк, балльно-рейтинговая система, программы для электронно-вычислительных машин в образовании, образовательный процесс

LEGAL AND REGULATORY, DOCUMENT AND TECHNICAL SUPPORT OF THE ATTESTATION SYSTEM AS THE FOUNDATION OF THE OBJECTIVISTIC CONTROL OVER THE EDUCATIONAL PROCESS

Zhdanov A.I., Yurgelas I.V., Korzh E.V., Yurgelas Yu.N., Frolov R.N., Alimkina I.N.
Voronezh N.N. Burdenko State Medical University, Voronezh, e-mail: iyurgelas@yandex.ru

This article contains personal experience of development of the multilevel system of the objectivistic control over the educational process within the higher medical school institution during the studying of clinical disciplines. The authors present completed procedural and institutional basis of the implementable attestation system in the form of a number of statements, as follows: “The rules regulating educational process at the clinical department” establish the stages (types) and procedures of the evaluation process, “The requirements for the evaluation of the students’ attainments during the current and intermediate attestation in terms of the disciplines of the clinical department” set the limits for evaluation criteria and ranks within the control process of the competencies’ forming. These ranks are provided both in five-point and rating system, as well as translated into the common denominator in the chapter “Criteria for the final evaluation of the students’ attainments”. The Attestation list provides visual example of the possible document support of the management of attestation system organization and records maintenance with respect to the teaching activities. In addition to that, the authors suggest a technical solution for the problem of the automation of the evaluation system and its essential part – five-point and rating system, – by creating special software for computers, i.e. ATTESTACIA 2.17.1 and ATTESTACIA 2.17.2 programs.

Keywords: attestation, evaluation criteria, evaluation ranks, attestation list, five-point and rating system, computer software for the educational institutions, educational process

Последовательно сменяя друг друга, государственные [1] и федеральные государственные образовательные стандарты высшего [2] и высшего профессионального образования [3] по соответствующим направлениям подготовки и впервые разрабатываемые стандарты профессиональные [4] неизменно причисляют в основным обязанностям высшего учебного заведения «обеспечение гарантии качества подготовки путем разработки объективных процедур оценки уровня знаний и умений обучающихся, компетенций выпускников». При этом соответствие персональных достижений обучающихся поэтапным требованиям той или иной основной профессиональной образовательной программы подготовки специалиста устанавливается в ходе текущего контроля успеваемости, промежуточной и государственной итоговой аттестации обучающихся. Конкретные же этапы, процедуры и критерии оценивания по каж-

дой дисциплине разрабатываются высшим учебным заведением в целом и его структурными подразделениями в частности самостоятельно и доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения [5, 6]. Следует полагать, что образовательные стандарты оставляют за учреждениями высшей школы право по своему усмотрению решать неизбежно возникающие в ходе аттестации вопросы документационного обеспечения и автоматизации управления этой системой.

Учитывая актуальность вышеизложенной проблемы, мы сочли уместным поделиться собственным опытом создания «краеугольных камней» фундамента объективизированного контроля над образовательным процессом, осуществляемым клинической кафедрой высшей школы.

Целью настоящей работы явилась разработка организационно-правовых аспектов, документационного обеспечения и автоматизации многоуровневой аттестационной системы при изучении клинических дисциплин в высшем медицинском учебном заведении.

Для достижения поставленной цели были сформулированы задачи определения этапов и процедур оценивания, обоснования оценочных шкал, эргономического решения проблем делопроизводства и документооборота в реализации аттестационной системы.

Классическая билетная лотерейность аттестационных процедур традиционно оборачивается низкой надежностью для экзаменатора, потому как ответ испытуемого на два и даже три фрагмента примерной программы дисциплины, как правило, не может быть признан показательным для оценки уровня освоения всего материала. Предельная объективность аттестующего в данной ситуации достигается, по нашему многолетнему опыту, использованием комбинации аттестационных процедур – тестового контроля, проверки уровня освоения практических умений и собеседования в ходе решения профессиональных, или клинических, задач.

Грамотно составленный вариант тестового контроля (этап 1) охватывает все разделы примерной программы предмета, а значит, является неким отборочным туром, практически исключает возможность «провала» для отличника и, наоборот, попадания неуспевающего студента на пьедестал почета. Однако всем участникам образовательного процесса вполне понятно, что процедуры аттестационного тестирования предельно формализованы, рассчитаны на демонстрацию исключительно заданных ответов на стандартизированные задания. От понимания всех положительных и отрицательных сторон метода теста знаний мы приходим к осознанию того, что его столь существенные недостатки должны нивелироваться применением педагогических технологий из числа диалогических – ролевые игры в ходе проверки уровня освоения практических умений (этап 2) и собеседования в ходе решения профессиональных клинических задач (этап 3). Этапы (виды) и процедуры оценивания качественных и количественных характеристик усвоенного материала регламентируются положением о «Правилах, регулирующих образовательную деятельность на клинической кафедре», а критерии и шкалы оценивания – положением о «Требованиях к оценке знаний обучающегося при проведении текущей и промежуточной аттестации по преподаваемым дисциплинам на клинической кафедре.

Правила, регулирующие образовательную деятельность на клинической кафедре

Этапы (виды) и процедуры оценивания

При изучении студентами соответствующих специальностей и курсов преподаваемых на клинической кафедре дисциплин предусмотрены следующие виды контроля:

1. Входной контроль определяется на первом по данной дисциплине практическом занятии в виде фронтального тестового контроля для проверки уровня знаний, полученных при изучении предметов, усвоение которых необходимо обучающимся для изучения преподаваемых на кафедре дисциплин. Количество вариантов 10, количество тестовых заданий в варианте 50. Положительная оценка выставляется при выполнении обучающимся не менее 71% тестовых заданий правильно. Итоги заносятся в Журнал учета успеваемости и посещаемости практических занятий в виде оценки.

2. Текущий контроль осуществляется фронтально на каждом практическом занятии в следующих формах:

1) тестовый контроль исходного и конечного уровня знаний, для чего в наличии имеются 5 вариантов по 10 вопросов и 5 вариантов по 20 вопросов соответственно,

2) проверка уровня освоения практических умений,

3) собеседование в ходе решения профессиональных задач, подготовленных в количестве пяти.

Текущий контроль за выполнением самостоятельной аудиторной работы осуществляется в форме проверки учебных медицинских карт пациентов с собеседованием.

Текущий контроль за выполнением самостоятельной внеаудиторной работы осу-

ществляется в виде заслушивания реферативных сообщений по важнейшим разделам дисциплины преподаваемой и смежных дисциплин.

Оценка знаний осуществляется в соответствии с Критериями оценки знаний обучающихся на кафедре. Итоги заносятся в Журнал учета успеваемости и посещаемости практических занятий в виде трех оценок соответственно.

В ходе текущего контроля предусмотрено формирование рейтинга знаний обучающихся в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по преподаваемым на кафедре дисциплинам [7]. Итоги заносятся в Ведомость учета текущего и промежуточного рейтинга.

3. Промежуточный контроль осуществляется на последнем практическом занятии в случае, если согласно Учебному плану завершающийся цикл является единственным, или на первом практическом занятии последующего цикла изучаемой дисциплины в виде фронтального тестового контроля. Количество вариантов 10, количество вопросов в варианте 50. Положительная оценка выставляется при правильном выполнении обучающимся не менее 71% тестовых заданий. Итоги заносятся в Журнал учета успеваемости и посещаемости практических занятий в виде оценки.

4. Итоговый контроль проводится по завершению изучения дисциплины в ходе аттестации в форме (зачет или экзамен), устанавливаемой Учебно-методическим управлением в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом соответственно специальности и курсу обучения.

Процедура аттестации независимо от формы проходит в три этапа:

1) этап 1 – тестовый контроль, для проведения которого подготовлено 10 вариантов по 50 вопросов в каждом;

2) этап 2 – проверка уровня освоения практических умений по следующим разделам: (1) физикальное обследование пациента; (2) важнейшие симптомы заболеваний и травм; (3) дополнительные методы исследования; (4) частные вопросы клинической фармакологии и трансфузиологии; (5) основные врачебные манипуляции и малые оперативные вмешательства; (6) медицинский инструментарий; (7) оказание мер неотложной помощи при ургентных состояниях; (8) ведение медицинской документации.

При проведении курации пациентов, участии в лечебно-диагностических процедурах, манипуляциях и операциях с отработкой практических умений и заполнением учетно-отчетной документации под контролем преподавателя обучающиеся пользуются помещениями, оборудованием, инструментарием и аппаратурой профильных отделений, операционных, в том числе рентген-операционных, кабинетов вмешательств, осуществляемых под ультразвуковым контролем, а также диагностических кабинетов (лабораторной, функциональной, ультразвуковой и лучевой диагностики), согласно Договору об организации практической подготовки обучающихся, заключенного между ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко и медицинскими организациями, являющимися клиническими базами кафедры.

3) этап 3 – собеседование в ходе решения профессиональных задач, подготовленных в количестве 100.

Оценка знаний осуществляется в соответствии с Критериями оценки знаний обучающихся на кафедре.

Лица, получившие по двум первым этапам аттестации «неудовлетворительно», к третьему этапу не допускаются.

Промежуточный рейтинг и рейтинг по результатам промежуточной аттестации определяют окончательный рейтинг знаний обучающихся по дисциплине. Итоги заносятся в ведомость учета окончательного рейтинга (1), зачетную книжку обучающегося (2), зачетно-экзаменационную ведомость (3) или экзаменационный лист (4).

Общеизвестно, что десятибалльная оценочная шкала, в противовес шкале пятибалльной, позволяет различать не только три категории обучающихся – с безупречной успеваемостью, «середнячков» и крайне неприлежных, но и четко дифференцировать полярных испытуемых – выделять среди отличников неординарных или просто способных, а среди обучающихся с вопиющей неуспеваемостью отличать неподготовленных по причине сознательного игнорирования процесса обучения от неподготовленных по причине затруднений с самоорганизацией.

Требования к оценке знаний обучающегося при проведении текущей и промежуточной аттестации по преподаваемым на клинической кафедре дисциплинам

Критерии и шкалы оценивания

Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, демонстрирующий не менее 80% знаний, умений и навыков применения в конкретной клинической ситуации материала, предусмотренного Примерной (типовой – устар.) программой по дисциплине, а именно: анатомо-физиологические сведения об изучаемом органе или системе органов; определение понятий, классификация, этиология, патогенез, патоморфоло-

гия; клиническая картина (жалобы, данные анамнеза, данные объективного исследования, варианты течения и исхода, возможные осложнения); дифференциальная диагностика; тактика ведения в диагностическом и лечебном плане; данные дополнительных методов исследования (показания и противопоказания, правила подготовки к прохождению процедуры, техника проведения и методика забора биологического материала, протокол описания результатов); предоперационная подготовка; методики операций; проблемы реабилитации в послеоперационном периоде (особенности ухода, фармакотерапия, профилактика осложнений); организация диспансерного наблюдения, экспертиза трудоспособности и судебно-медицинская экспертиза; профилактика (первичная, вторичная, третичная) нозологической формы или группы нозологических форм из числа наиболее часто встречающихся заболеваний и травм.

Изложение ответа отличается последовательностью, грамотностью, логической структурой и правильной обоснованностью принятых решений. При видоизменении задания обучающийся не затрудняется с ответом, самостоятельно справляется с задачами и другими видами применения знаний. Показаны знания материала основной литературы и знакомство с дополнительной литературой по дисциплине.

Такой обучающийся должен показывать при проведении тестового контроля 96–100% правильных ответов, успешно решать более 80% профессиональных задач, демонстрировать владение компетенциями, указанными в Федеральном государственном образовательном стандарте, и способность выполнять трудовые функции, входящие в Профессиональный стандарт, по направлению подготовки соответственно уровню IV (самостоятельное выполнение манипуляций).

Суммарная оценка по трехэтапной схеме аттестации (тестовый контроль, проверка уровня освоения практических умений, собеседование в ходе решения профессиональных задач) должна находиться в диапазоне 85–100 рейтинговых баллов.

Оценки «отлично с минусом» заслуживает обучающийся, если при проведении тестового контроля показаны 91–95% правильных ответов, при собеседовании в ходе решения профессиональных задач допущена в ответе 1 негрубая ошибка и 1–2 недочета и неточности, продемонстрировано владение компетенциями, указанными в Федеральном государственном образовательном стандарте, и способность выполнять трудовые функции, входящие в Профессиональный стандарт, по направлению подготовки соответственно уровню IV (самостоятельное выполнение манипуляций).

Суммарная оценка по трехэтапной схеме аттестации должна находиться в диапазоне 85–100 рейтинговых баллов.

Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, демонстрирующий не менее 70% знаний, умений и навыков применения в конкретной клинической ситуации материала, предусмотренного Примерной программой по дисциплине. Изложение ответа отличается последовательностью, грамотностью, логической структурой и правильной обоснованностью принятых решений. При видоизменении задания обучающийся не затрудняется с ответом, самостоятельно справляется с задачами и другими видами применения знаний. Показаны знания материала основной литературы и знакомство с дополнительной литературой по дисциплине.

Такой обучающийся должен показывать при проведении тестового контроля 86–90% правильных ответов, успешно решать более 70% профессиональных задач, допуская при собеседовании 1–2 негрубые ошибки и 2–3 недочета и неточности, демонстрировать владение компетенциями, указанными в Федеральном государственном образовательном стандарте, и способность выполнять трудовые функции, входящие в Профессиональный стандарт, по направлению подготовки соответственно уровню III (практическое выполнение манипуляций под контролем).

Суммарная оценка по трехэтапной схеме аттестации должна находиться в диапазоне 70–84 рейтинговых баллов.

Оценки «хорошо с минусом» заслуживает обучающийся, если при проведении тестового контроля показаны 81–85% правильных ответов, при собеседовании в ходе решения профессиональных задач в ответе допущены 2–3 негрубые ошибки и 3–4 недочета и неточности, продемонстрировано владение компетенциями, указанными в Федеральном государственном образовательном стандарте, и способность выполнять трудовые функции, входящие в Профессиональный стандарт, по направлению подготовки соответственно уровню III (практическое выполнение манипуляций под контролем).

Суммарная оценка по трехэтапной схеме аттестации должна находиться в диапазоне 70–84 рейтинговых баллов.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, демонстрирующий не менее 60% знаний, умений и навыков применения в конкретной клинической ситуации материала, предусмотренного Примерной программой по дисциплине. Изложение ответа отличается последовательностью,

грамотностью, логической структурой, однако в обосновании принятых решений даются неполные ответы. При видоизменении задания обучающийся затрудняется с ответом, справляется с задачами и другими видами применения знаний под руководством преподавателя. Показаны знания материала основной литературы по дисциплине.

Такой обучающийся должен успешно показывать при проведении тестового контроля 76–80% правильных ответов, решать более 60% профессиональных задач, допуская при собеседовании 3 грубые ошибки и 4 недочета и неточности, демонстрировать владение компетенциями, указанными в Федеральном государственном образовательном стандарте, и способность выполнять трудовые функции, входящие в Профессиональный стандарт, по направлению подготовки соответственно уровню II (участие в выполнении манипуляций).

Суммарная оценка по трехэтапной схеме аттестации должна находиться в диапазоне 55–69 рейтинговых баллов.

Оценки «удовлетворительно с минусом» заслуживает обучающийся, если при проведении тестового контроля показаны 71–75% правильных ответов, при собеседовании в ходе решения профессиональных задач в ответе допущены 3 грубые ошибки и 5–6 недочетов и неточностей и/или отмечено неумение обосновывать выводы, продемонстрировано владение компетенциями, указанными в Федеральном государственном образовательном стандарте, и способность выполнять трудовые функции, входящие в Профессиональный стандарт, по направлению подготовки соответственно уровню II (участие в выполнении манипуляций).

Суммарная оценка по трехэтапной схеме аттестации должна находиться в диапазоне 55–69 рейтинговых баллов.

Оценки «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, демонстрирующий менее 50% знаний, умений и навыков применения в конкретной клинической ситуации материала, предусмотренного Примерной программой по дисциплине. Изложение материала отличается непоследовательностью, нелогичностью. При видоизменении задания обучающийся затрудняется с ответом, не справляется с задачами и другими видами применения знаний даже под руководством преподавателя.

Такой обучающийся показывает при проведении тестового контроля менее 70% правильных ответов, решает менее 50% профессиональных задач, допуская при собеседовании 4 грубые ошибки и свыше 7–8 недочетов и неточностей, демонстрирует владение компетенциями, указанными в Федеральном государственном образовательном стандарте, и способность выполнять трудовые функции, входящие в Профессиональный стандарт, по направлению подготовки соответственно уровню I (теоретическое знакомство и умение объяснить манипуляцию).

Суммарная оценка по трехэтапной схеме аттестации не должна превышать 54 рейтинговых баллов (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1

Критерии и шкалы оценивания в ходе контроля формирования компетенций

Критерий оценивания	Шкала оценивания			
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ				
Количество положительных ответов от максимального балла теста,%	91	81–90	71–80	Менее 70%
КОНТРОЛЬ ОСВОЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ				
Определение манипуляции	Знает в полном объеме	Знает в полном объеме	Знает в полном объеме	Знает в неполном объеме
Показания и противопоказания к проведению	Излагает полный перечень	Излагает полный перечень	Излагает полный перечень	Излагает неполный перечень
Оснащение	Перечисляет все необходимое для проведения	Перечисляет все необходимое для проведения	Перечисляет все необходимое для проведения	Перечисляет не все необходимое для проведения
Техника выполнения	Самостоятельное выполнение манипуляций (уровень освоения IV)	Практическое выполнение манипуляций под контролем (уровень освоения III)	Участие в выполнении манипуляций (уровень освоения II)	Теоретическое знакомство и умение объяснить манипуляцию (уровень освоения I)
Возможные ошибки и осложнения	Излагает полный перечень	Излагает полный перечень	Излагает полный перечень	Излагает неполный перечень

Окончание табл. 1

Критерий оценивания	Шкала оценивания			
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
КУРАЦИЯ ПАЦИЕНТА С ОФОРМЛЕНИЕМ УЧЕБНОЙ КАРТЫ				
Сбор жалоб и анамнеза	Грамотный и полный	Незначительные затруднения со сбором	Существенные затруднения со сбором	Выраженные затруднения со сбором
Объективное исследование	Исчерпывающий объем	Требуемый объем, некоторые неточности выполнения	Недостаточный объем, существенные неточности выполнения	Недостаточный объем, грубые ошибки выполнения
Назначение дополнительных методов исследования	Исчерпывающий объем, грамотная последовательность	Допустимый, но неисчерпывающий объем	Недостаточный объем	Недостаточный объем, хаотичная последовательность назначения
Проведение дифференциального диагноза	Грамотный, полный, аргументированный	Грамотный, но неполный	Существенные затруднения, ликвидируемые под руководством преподавателя	Выраженные затруднения, отсутствие аргументации
Назначение лечения	Исчерпывающий объем	Допустимый, но неисчерпывающий объем	Недостаточный объем	Недостаточный объем, хаотичная последовательность назначения
Замечания	Отсутствуют	Неточности субъективного и объективного исследования, недостаточное умение эффективно использовать полученные данные в решении дифференциально-диагностических и лечебных задач. Единичные стилистические отступления от последовательности изложения при ведении документации	Неточности субъективного и объективного исследования, недостаточное умение эффективно использовать полученные данные в решении дифференциально-диагностических и лечебных задач. Множественные стилистические ошибки и отступления от последовательности изложения при ведении документации. Обладание необходимыми знаниями и способностями для устранения замечаний под руководством преподавателя	Грубые ошибки субъективного и объективного исследования, ограниченное умение эффективно использовать полученные данные в решении дифференциально-диагностических и лечебных задач. Множественные стилистические ошибки и отступления от последовательности изложения при ведении документации. Отсутствие необходимых знаний и способностей для устранения замечаний под руководством преподавателя
СОБЕСЕДОВАНИЕ В ХОДЕ РЕШЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ				
Наличие правильных ответов на заданные вопросы	Правильные ответы даны на все заданные вопросы	Правильные ответы даны на все заданные вопросы	Правильные ответы даны на подавляющее большинство вопросов	Правильные ответы даны на половину вопросов
Полнота и логичность изложения ответов	Достаточно высокая во всех ответах	Достаточная в подавляющем большинстве ответов	Краткий и неразвернутый ответ на подавляющее большинство вопросов	Краткий и неразвернутый ответ на половину вопросов

Таблица 2

Критерии итоговой оценки знаний обучающихся

№ п/п	Оценка по пятибалльной системе (рейтинговый балл)	Теоретические знания (клиническое мышление)				Практические умения, уровень освоения
		Тестовый контроль (количество правильных ответов, %)	Собеседование в ходе решения профессиональных задач			
			полный ответ	ошибки	недочеты	
1	Отлично (10)	100–96	Да	Нет	–	IV
2	Отлично «–» (9)	95–91	Да	1	1–2	IV
3	Хорошо (8)	90–86	Да	1–2	2–3	III
4	Хорошо «–» (7)	85–81	Да	2–3	3–4	III
5	Удовлетворительно (6)	80–76	Нет	3	4	II
6	Удовлетворительно «–» (5)	75–71	Нет	3	5–6	II
7	Неудовлетворительно (4)	≤70	Нет	4	> 7–8	I

Аттестационный лист

В 2011 г. новаторским решением коллектива кафедры в повседневную учебную работу в качестве эксперимента внедрен и на сегодняшний день с успехом используется так называемый бланк Аттестационного листа.

Последний представляет собой лист бумаги формата А4, лицевая сторона которого посвящена первому разделу, или Протоколу аттестации, тогда как оборотная и, при необходимости, последующие являются собственно Ответными листами. Протокол аттестации в свою очередь состоит из трех частей. Первая часть содержит постоянную для данного вида документа информацию – эмблема, ведомственная принадлежность, официальное название учреждения и структурного подразделения. Во второй части отражены данные «паспорта» обучающегося: фамилия, имя, отчество, принадлежность к факультету или институту (с указанием специальности), курс и группа обучения, номер зачетной книжки и экзаменационного листа (в случае досрочной сдачи или пересдачи), а также данные «паспорта» самой процедуры аттестации: дата проведения и день недели, наименование дисциплины, форма контроля, реквизиты контрольно-измерительных материалов. Часть третья посвящена сведениям об индивидуальном рейтинге обучающегося с отражением всех этапов его формирования и завершающей отметкой об ознакомлении с текущим рейтингом до проведения промежуточной аттестации по дисциплине (рис. 1).

Ответный лист поделен на 4 части. Первая часть предваряет последующие Инструкцией по заполнению, в которой за шаблонными пунктами следует психолого-педагогическая мотивация, настраивающая на положительный исход аттестационной процедуры. Вторая, третья и четвертая части предназначены для отражения факта преодоления предусмотренных этапов аттестации – тестовый контроль, оценка уровня освоения практических умений и собеседование в ходе решения профессиональных задач (рис. 2, 3).

Подобное документационное обеспечение управления организацией и ведением делопроизводства в педагогической деятельности продемонстрировало свои положительные стороны для всех участников образовательного процесса.

С позиций обучающегося использование аттестационного бланка позволяет упростить в техническом отношении и кратно сократить временные затраты на заполнение Ответного листа, содержащего трафареты для каждого из этапов процедуры аттестации.

Ряд положительных моментов несут в себе аттестационные бланки, главным образом для научно-педагогических работников, ответственных в своих структурных подразделениях за организацию учебной работы с обучающимися, а значит, проведение аттестационных процедур. Во-первых, благодаря педантичной структурированности и фиксированной локации информации облегчается и ускоряется процесс обработки внесенных ответов. Во-вторых, аттестационный бланк является весьма удобной формой для сохранения, накопления и возвращения к содержащейся в нем информации во времени и тем самым становится клю-

чевым звеном в решении спорных и/или апелляционных вопросов. В-четвертых, аттестационные бланки служат документальным подтверждением состоявшейся процедуры аттестации.

И, наконец, в масштабах образовательного учреждения использование структурным подразделением качественного бланочного документооборота формирует репутацию коллектива с исключительной культурой организации и ведения делопроизводства и обеспечивает положительный имидж среди коллег и обучающихся.

Вышеизложенная проблема автоматизации как расчета самой балльно-рейтинговой оценки, так и ведения сопутствующей учетно-отчетной документации решается нами через последовательное совершенствование начиная с 2015 г. программ для электронно-вычислительных машин, первой из которых явилась «ATTESTACIA 2.15» [7], и далее практически одновременно созданные ATTESTACIA 2.17.1 [8] и ATTESTACIA 2.17.2 [9].

Заключение

Инициированный в 2002 г. приказом Министерства образования Российской Федерации эксперимент по введению балльно-рейтинговой системы оценки академической успешности на сегодняшний день фронтально реализуется на всех формах обучения и образовательных программах. И теперь, спустя 16 лет, с уверенностью можно сказать, что данное событие, с одной стороны, привнесло положительные моменты для всех участников образовательного процесса, а с другой стороны, в очередной раз напомнило нам об актуальной и нерешенной проблеме не только отечественной, но и мировой педагогики и педагогической психологии – беспристрастного и индивидуализированного подхода к оценке качества усвоения учебного материала.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет
им. Н.Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации»
(ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России)
Кафедра госпитальной хирургии

АТТЕСТАЦИОННЫЙ ЛИСТ

«06» июня 2018 г., среда

Ф.И.О. студента –

Зачетная книжка – **Экзаменационный лист** –

Факультет (институт, специальность) – **Курс, группа** –

Дисциплина – **Форма контроля** –

КИМ (этап 1, 2, 3), **№** – ____ , _____ , _____

СВЕДЕНИЯ
об индивидуальном рейтинге студента

№№ пп	Наименование критерия	Оценка, баллы (цифрой, прописью)		Подпись преподавателя (экзаменатора)	Фамилия и инициалы преподавателя (экзаменатора)
		Пятибалльная система	Рейтинговая система		
АТТЕСТАЦИЯ ТЕКУЩАЯ					
1.	Лекционный курс				
2.	Клинические практические занятия, цикл 1				
3.	Клинические практические занятия, цикл 2				
4.	Клинические практические занятия, цикл 3				
РЕЙТИНГ					
АТТЕСТАЦИЯ ПРОМЕЖУТОЧНАЯ					
7.	Тестовый контроль (этап 1)				
8.	Проверка уровня освоения практических умений (этап 2)				
9.	Собеседование в ходе решения профессиональных задач (этап 3)				
РЕЙТИНГ					
ОЦЕНКА ИТОГОВАЯ					

С текущим рейтингом до проведения промежуточной аттестации по дисциплине ознакомлен.

Обучающийся Иванов Иван Иванович

Рис. 1. Аттестационный лист, лицевая сторона (страница 1)

ИНСТРУКЦИЯ

для студента по заполнению ответной страницы

1. Используйте только синюю шариковую ручку.
2. Не разрешается делать пометки на полях варианта тестовых заданий, билета по оценке уровня освоения практических умений или профессиональной задачи.
3. Будьте внимательны при чтении формулировки задания или задачи, обратите внимание на ключевые слова «всегда», «никогда», «наиболее», «все признаки характерны, кроме …», «…за исключением…», «…что не характерно для…», медицинские суффиксы и префиксы типа «гипер-», «гипо-», «-ит», пол и возраст пациента, сопутствующие заболевания.
4. Выбранный Вами вариант ответа на тестовое задание или профессиональную задачу внесите в соответствующий раздел.
5. Ни один вопрос не оставляйте без ответа. Исправления, отсутствие отметки или отметка более одного варианта ответа на тестовое задание будут рассматриваться как неверный ответ.
6. Не расстраивайтесь, если столкнетесь с «трудным» вопросом. Вы можете вернуться к нему после ответа на другие вопросы. Желаем успехов!

Тестовый контроль

Проставьте номер единственного правильного ответа на каждое тестовое задание

Номер тестового задания	Номер выбранного ответа	Номер тестового задания	Номер выбранного ответа	Номер тестового задания	Номер выбранного ответа	Номер тестового задания	Номер выбранного ответа	Номер тестового задания	Номер выбранного ответа
1.		11.		21.		31.		41.	
2.		12.		22.		32.		42.	
3.		13.		23.		33.		43.	
4.		14.		24.		34.		44.	
5.		15.		25.		35.		45.	
6.		16.		26.		36.		46.	
7.		17.		27.		37.		47.	
8.		18.		28.		38.		48.	
9.		19.		29.		39.		49.	
10.		20.		30.		40.		50.	

Количество правильных ответов – _____

Собеседование в ходе решения профессиональных задач

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Рис. 2. Аттестационный лист, оборотная сторона (страница 2)

УЧЕБНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ КАРТА ПАЦИЕНТА

Примечание: после первичного осмотра пациента в Учебной карте Вами должны быть отражены краткие (1) паспортные данные (Ф.И.О. пациента, возраст, отделение, палата), (2) жалобы на момент курации, (3) анамнез заболевания (травмы), (4) анамнез жизни, (5) данные объективного исследования, (6) клинический диагноз, (7) план обследования, (8) план лечения.

Ф.И.О. пациента – _____

Возраст – __ **Отделение** – _____ **Палата** – _____

Рис. 3. Аттестационный лист, оборотная сторона (страница 3)

Данное обстоятельство и предопределило цель изложенной работы – стремление исследователей посредством трибуны периодического издания к обмену опытом, а также к получению критической аналитической оценки предложенного варианта закладки фундамента объективизированного контроля над образовательным процессом в авторской адаптации к особенностям преподавания клинических дисциплин в высшей медицинской школе.

Достижение поставленной цели потребовало формулировки и решения ряда задач. Задача разработки организационно-правовых аспектов реализована через создание соответствующих положений. Так, положение о «Правилах, регулирующих образовательную деятельность на клинической кафедре» комментирует этапы (виды) и процедуры контроля знаний, тогда как положение о «Требованиях к оценке знаний обучающегося при проведении текущей и промежуточной аттестации по преподаваемым на клинической кафедре дисциплинам» подробно излагает критерии и шкалы оценивания в ходе контроля формирования компетенций. Вполне очевидно, что предложенная бланочная система существенным образом оптимизирует делопроизводство и документооборот в образовании.

Условие эргономичности авторской системы выполняется программами для электронно-вычислительных машин ATTESTACIA 2.17.1 и ATTESTACIA 2.17.2. Однако ввиду научно-практической и проблемной направленности раздела «Педагогические науки» настоящего журнала мы лишь адресуем заинтересованных лиц к базам данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), установившей научную новизну программных продуктов.

Возвращаясь к первоначально обозначенной глобальной психолого-педагогической проблеме, позволим себе высказать предположение, что организационной стороны её решения следует добиваться путем создания прозрачной нормативно-правовой базы и качественного документооборота, тогда как сторона эргономичности её решения должна обеспечиваться непрерывным совершенствованием существующих и/или созданием новых программных продуктов.

Список литературы

1. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности 040100 Лечебное дело, третий уровень высшего профессионального образования [Электронный ресурс]. М.: Госкомитет Рос. Федерации, 1995. Режим доступа: http://fgosvo.ru/fgosvo/141/141/16 (дата обращения: 17.08.2018).

2. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 31.05.01 Лечебное дело (уровень специалитета): приказ Минобрнауки России № 95 от 9 февраля 2016 г. М.: Минобрнауки России, 2016. 23 с.

3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 060101 Лечебное дело (квалификация (степень) «специалист») № 1118 от 8 ноября 2010 г. М.: Минобрнауки России, 2010. 49 с.

4. Об утверждении профессионального стандарта «Врач-лечебник (врач-терапевт участковый)»: приказ № 293н от 21 марта 2017 г. М.: Минтруд России, 2017. 16 с.

5. Дюмина С.В. Основные подходы к реализации контрольно-оценочной деятельности в системе управления формированием универсальных учебных действий обучающихся // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. Лингвистика и педагогика. 2017. Т. 7, № 1 (22). С. 94–99.

6. Дюмина С.В. Управление формированием универсальных учебных действий обучающихся как актуальная проблема современного образования // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер. Лингвистика и педагогика. 2015. Т. 7, № 2 (15). С. 99–104.

7. Жданов А.И., Юргелас И.В., Фролов Р.Н., Юргелас Ю.Н. Система балльно-рейтинговой оценки академической успешности и компетентностной сформированности обучающегося в высшем учебном заведении // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 6. С. 122–127.

8. ATTESTACIA 2.17.1: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018611434 / А.И. Жданов, И.В. Юргелас, Р.Н. Фролов, Ю.Н. Юргелас, Е.В. Корж, Н.А. Каплиева, Д.А. Антонов; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России). М., 2018. (заявка № 2017662622, заявл. 05.12.2017, зарег. 01.02.2018).

9. ATTESTACIA 2.17.2: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018611435 / А.И. Жданов, И.В. Юргелас, Р.Н. Фролов, Ю.Н. Юргелас, Е.В. Корж, Н.А. Каплиева, Д.А. Антонов; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России). М., 2018. (заявка № 2017662620, заявл. 05.12.2017, зарег. 01.02.2018).

УДК 378.14.015.62

ПРИМЕНЕНИЕ OLAP-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Корчемкина Ю.В., Белоусова Н.А., Мальцев В.П.

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: kjv_intser@mail.ru

Индивидуализация обучения является важным фактором в повышении учебной мотивации обучающихся. Для индивидуализации обучения можно использовать форму индивидуальной образовательной траектории. В условиях применения модульно-рейтинговой технологии и необходимости анализа большого количества данных о прохождении обучающимися модулей и значений индивидуальных показателей рейтинга обучающихся требуется применение современных средств анализа данных. OLAP-технологии активно используются для анализа данных социально-экономических процессов и принятия управленческих решений, однако их возможно использовать для анализа результатов деятельности обучающихся в освоении различных дисциплин. В этих условиях наиболее эффективным будет создание программных продуктов, включающих в себя модули, содержащие задания для работы студентов, и модули для контроля и анализа со стороны преподавателя: текущего мониторинга работы обучающихся и анализа результатов работы по различным показателям. Спроектированная и реализованная нами учебно-аналитическая информационная система для обучения студентов линейной алгебре соответствует описанным требованиям. Внедрение данной системы в учебный процесс позволило преподавателям на основе анализа данных об индивидуальных рейтинговых показателях студентов строить индивидуальные траектории обучающихся, тем самым повысив уровень их учебной мотивации.

Ключевые слова: индивидуальная образовательная траектория, учебно-аналитическая информационная система, OLAP-технологии

APPLICATION OF OLAP-TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION AND IMPLEMENTATION OF INDIVIDUAL TRAJECTORY OF TRAINING

Korchemkina Yu.V., Belousova N.A., Maltsev V.P.

South Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: kjv_intser@mail.ru

Individualization of training is an important factor in increasing the educational motivation of students. For the individualization of learning, you can use the form of an individual educational trajectory. In the conditions of application of the modular-rating technology and the need to analyze a large amount of data on the trainees passing through the modules and the values of the individual indicators of the students' rating, it is required to use modern data analysis tools. OLAP-technologies are actively used for the analysis of socio-economic processes and management decisions, but they can be used to analyze the performance of students in the development of various disciplines. In these conditions, the most effective will be the creation of software products that include modules containing tasks for the work of students, and modules for monitoring and analysis on the part of the teacher: ongoing monitoring of the work of trainees and analysis of the results of work on various indicators. The educational and analytical information system designed and implemented by us for teaching students linear algebra meets the described requirements. The introduction of this system in the educational process allowed teachers based on the analysis of data on individual rating indicators of students to build individual trajectories of students, thereby increasing the level of their educational motivation.

Keywords: individual educational trajectory, educational and analytical information system, OLAP-technologies

В настоящее время при организации процесса обучения в образовательных организациях различных уровней большое внимание уделяется индивидуализации обучения. Индивидуализация обучения математическим, естественно научным и другим дисциплинам способствует повышению мотивации обучающихся. Реализация принципа индивидуализации с применением модульно-рейтинговой технологии связана с анализом большого количества числовых данных, в связи с чем актуальным становится применение OLAP-технологий.

Цель исследования: оценка эффективности применения OLAP-технологий для построения индивидуальной траектории обучающихся по показателю уровня учебной мотивации.

Материалы и методы исследования

В исследовании применялись следующие методы: анализ научной литературы, педагогический эксперимент.

Под индивидуализацией понимается создание системы многоуровневой подготовки обучающихся, учитывающей их индивидуальные особенности и предоставляющей каждому возможность максимально раскрыть потенциалы и способности. Формой индивидуализации является индивидуальная образовательная траектория. Индивидуальная образовательная траектория – это персональный путь творческой реализации личностного потенциала каждого обучающегося в образовании [1].

В вузах в настоящее время активно применяется модульно-рейтинговая технология, которая представляет собой такую технологию организации учебного процесса, в которой целью обучения выступает совокупность компетенций обучающегося, а в качестве

средства ее достижения – модульное построение содержания [2]. Эффективность формирования профессиональных компетенций повышается за счёт использования системы рейтинговых оценок, поскольку для успешного освоения дисциплины и получения положительной итоговой оценки студенту требуется выполнять задания в течение всего периода изучения дисциплины, поэтому данная технология в числе прочего активизирует мотивационный компонент обучения.

Модульно-рейтинговая технология может способствовать реализации цели индивидуализации образования. Однако для построения индивидуальной траектории обучающихся преподавателю необходимо проводить анализ большого количества данных, характеризующих текущую успешность выполнения обучающимися предлагаемых им заданий, а также, в контексте компетентностного подхода, – уровень сформированности компетенций.

Технология обработки данных в реальном времени, OLAP (англ. Online analytical processing) была предложена Эдгаром Коддом. Возможность анализа информации, представляющей собой большие многомерные массивы данных, была внедрена в программное обеспечение, позволяющее упрощать работу менеджеров и бизнес-аналитиков в части оперативного получения отчётов, необходимых для принятия сложных управленческих решений.

Сегодня OLAP-кубы являются обязательной составляющей программ анализа финансового и экономического состояния как небольших предприятий, так и государственных учреждений. Суть OLAP-технологий заключается в следующем. Предположим, что необходимо одновременно рассматривать большое количество связанных данных, которые представляют собой многомерный массив. Человек может воспринять двумерный массив или данные, зафиксированные в таблицах, информацию большей размерности представить и воспринять сложно. Поэтому вся информация, хранящаяся изначально в базе данных определенной архитектуры или в электронных таблицах, представляется в виде куба, оси которого называются измерениями. Это могут быть показатели обучения (знания, умения, навыки), временные отрезки (семестр, курс), личностные характеристики студентов, участие в научных, творческих или спортивных мероприятиях. Ячейки OLAP-куба содержат соответствующие значения или ресурсы, которые чаще всего являются числовыми величинами. Поскольку человек легко воспринимает одномерные или двумерные данные, то из многомерного куба извлекают доступные для понимания двумерные таблицы [3].

Нами спроектирована и создана учебно-аналитическая информационная система (УАИС) для обучения студентов линейной алгебре, в основе построения которой лежат компетентностный, деятельностный и алгоритмический подходы [4]. Она позволяет проводить все виды занятий по данной дисциплине, причём акцент сделан на практические занятия. Система заданий построена с применением модульно-рейтинговой технологии [5], а результаты работы студентов хранятся в базе данных. Пример страницы задания приведён на рис. 1. Содержание курса состоит из четырёх модулей, примеры типов заданий по каждому модулю приведены в табл. 1.

Таблица 1

Типы заданий в учебно-аналитической информационной системе [6]

Модуль	Типы заданий
Матрицы и определители	Сложение матриц
	Транспонирование матриц
	Умножение матриц
	Нахождение линейной комбинации матриц
	Возведение квадратной матрицы в степень
	Нахождение матричного многочлена
	Вычисление матричного выражения
	Нахождение определителя 2-го, 3-го, 4-го порядка
	Нахождение обратной матрицы методом союзной матрицы
Системы линейных алгебраических уравнений	Решение системы линейных алгебраических уравнений методом Крамера, методом обратной матрицы
	Нахождение ранга матрицы
	Решение системы линейных алгебраических уравнений nxn, mxn методом Гаусса
	Нахождение обратной матрицы методом Гаусса
Элементы линейной алгебры	Нахождение линейной комбинации векторов
	Доказательство, являются ли векторы линейно зависимыми
	Доказательство, образуют ли векторы базис
	Нахождение координат вектора в заданном базисе
	Нахождение скалярного произведения векторов, угла между векторами
	Нахождение матрицы линейного оператора в том же базисе, в котором заданы координаты векторов
	По заданной в некотором базисе матрице линейного оператора нахождение матрицы этого же оператора в другом базисе
	Нахождение собственных чисел и собственных векторов матрицы
Основы линейного программирования	Решение задачи линейного программирования геометрическим методом
	Решение задачи линейного программирования симплекс-методом

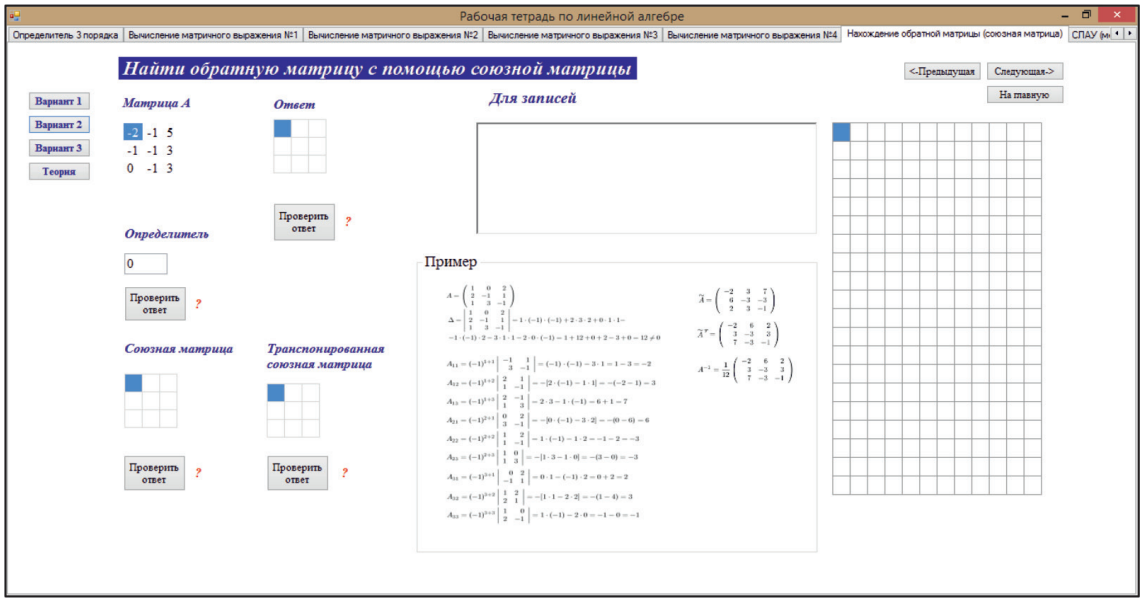


Рис. 1. Пример практического задания УАИС

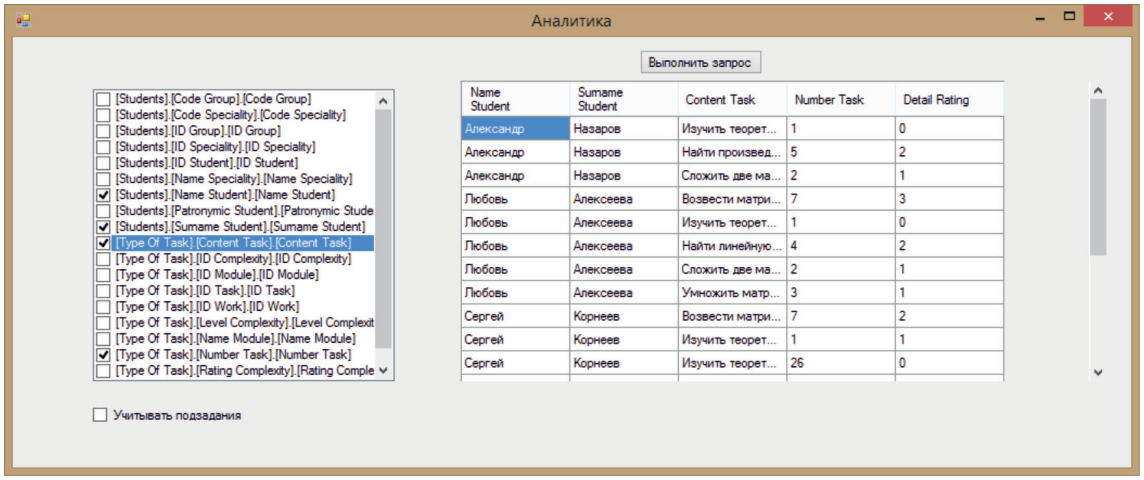


Рис. 2. Пример выполнения запроса с применением OLAP-технологий

Приложение для анализа данных построено на основе OLAP-технологий и позволяет строить аналитические таблицы по тем показателям, которые хранятся в базе данных: по каждому студенту каждой группы в течение семестра собирается информация о том, какие задания из перечисленных в таблице он выполнил и какое время потратил на выполнение каждого задания [7]. Кроме того, на основании экспертных оценок разработаны типовые отчеты, такие как индивидуальный профиль студента за определенный период, сводные результаты контрольных мероприятий и др. В качестве экспертов выступали преподаватели физико-математического факультета ЮУрГГПУ, имеющие степень кандидата или доктора физико-математических или педагогических наук. Пример выполнения аналитического запроса приведён на рис. 2.

Кроме того, учебно-аналитическая информационная система позволяет проводить мониторинг текущей деятельности студентов в процессе проведения занятия, преподаватель отслеживает их активность с помощью специального модуля. Например, если студент верно выполнил задание рабочей тетради, потом допустил ошибку в тренировочном задании и ее исправил, у преподавателя на мониторе активности отразятся следующие записи (рис. 3).

Преподаватель видит эти записи в режиме реального времени и на их основании может проводить коррекцию деятельности. Если на монитор активности не поступает информация о том, что студент выполняет задания, или поступает информация, что он вводит неверные ответы несколько раз подряд. В таком случае преподаватель может предложить студенту обратиться к теоретическому материалу, просмотреть алгоритм выполнения задания и выполнить другой вариант этого же задания в рабочей тетради.

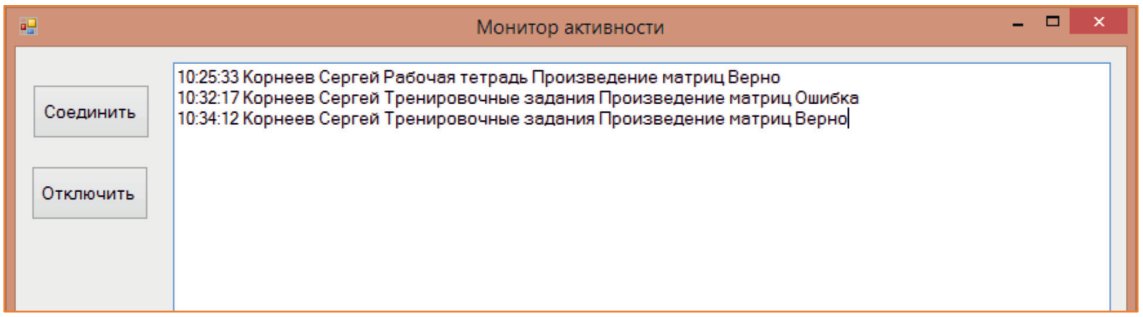


Рис. 3. Монитор текущей активности обучающихся при работе в учебно-аналитической информационной системе

Студентам, которые в отведенное на выполнение заданий время не выполнили безошибочно ни одно задание или выполнили заданий значительно меньше, чем остальные, необходимо дать задание на самостоятельную работу [8]. В случае, если преподаватель видит, что с тренировочными заданиями плохо справляется большое количество студентов, то он может скорректировать ход занятия и выполнить со студентами еще один вариант задания в рабочей тетради.

Таким образом, применение учебно-аналитической информационной системы при проведении занятий позволяет преподавателю вести текущий мониторинг деятельности студентов и проводить анализ результатов с помощью OLAP-технологий.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО ЮУрГГПУ, в исследовании приняли участие 47 студентов. Их обучение проводилось с применением учебно-аналитической информационной системы. Необходимо было выполнить оценку уровня учебной мотивации студентов в начале и в конце эксперимента, для этой цели нами выбрана методика «Тройные сравнения», целью которой является установление наличия у обучающегося внешних и внутренних мотивов (факторов) учения, их направленность и силу [9].

При оценке учебной мотивации по данной методике мы предлагали студентам в рамках одного занятия выбрать задачи для решения, основываясь на трёх параметрах: проблемность (новизна), сложность, полезность (оценки задач приведены в табл. 2).

Занятие в такой форме было проведено в начале и в конце обучения, причём на первом занятии студентам предлагались задания, которые были основаны на тех знаниях, полученных в ходе обучения в школе, которые требуются для освоения курса линейной алгебры. В конце обучения студенты выполняли задания уже по изученному курсу. В целом на результаты применения данной методики не влияет содержание и результаты выполнения заданий, методика основана только на анализе результатов выбора студентов.

Далее по каждому студенту был произведен расчёт интегрального показателя, названного авторами методики силой внутреннего мотива учения, по формуле

$$E_j = \frac{\sum(a_i + b_i - c_i)}{n},$$

где E_j – сила внутреннего мотива учения j-го студента, i – номера выбранных студентом задач, n – количество выбранных студентом задач, a_i, b_i, c_i – показатели проблемности, сложности и полезности i-й задачи.

Измерив уровень учебной мотивации по методике «Тройные сравнения», мы применили критерий Вилкоксона [10] для оценки изменения показателя учебной мотивации в экспериментальной группе в начале и в конце проведения эксперимента. Расчёт критерия выполнен с помощью интернет-сервиса [11].

Таблица 2

Балльная оценка задач при изучении учебной мотивации студентов [9]

Номер задачи	Оценка задач по уровню		
	проблемность (новизна)	сложность	полезность
1	5	4	4
2	5	4	2
3	5	3	4
4	2	3	3
5	4	5	4
6	4	5	2
7	2	5	4
8	3	2	5
9	4	4	3
10	4	3	5
11	3	2	5
12	3	3	2

Выводы

Значение критерия Вилкоксона составило 15, что существенно ниже критических значений, из этого следует, что оно находится в зоне значимости, то есть произошёл существенный рост уровня учебной мотивации в экспериментальной группе.

Таким образом, использование при обучении студентов линейной алгебре учебно-аналитической информационной системы с применением OLAP-технологий способствовало повышению учебной мотивации студентов, поскольку при обучении производились построение и реализация индивидуальной траектории обучающегося.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева» по договору на выполнение НИР 1/331 от 04.06.2018 по теме: «Построение и реализация образовательной траектории отдельных групп обучающихся на основе психофизиологического профиля».

Список литературы

1. Хуторской А.В. Методика личностно-ориентированного обучения. Как обучать всех по-разному?: пособие для учителя. М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2005. 383 с.

2. Гудкова В.С., Ячинова С.Н. Модульно-рейтинговая система как средство повышения качества обучения // Молодой ученый. 2015. № 8. С. 910–912.

3. Овсяницкая Л.Ю. Применение технологии OLAP-кубов для анализа данных педагогического мониторинга // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2014. № 171. С. 271–279.

4. Корчемкина Ю.В. Учебно-аналитическая информационная система как средство повышения эффективности формирования профессиональных компетенций бакалавров в процессе обучения линейной алгебре // Здравоохранение, образование, безопасность. 2016. № 3 (7). С.102–107.

5. Гафарова Е.А. О необходимости учёта модальности информационных сигналов для создания эффективной образовательной среды в рамках сетевого взаимодействия // Сетевое взаимодействие как фактор профессионального роста современного педагога: сб. трудов всерос. научно-практ. конф. 2017. С. 43–45.

6. Корчемкина Ю.В. Элементы линейной алгебры. Челябинск: ЮУрГГПУ, 2017. 82 с.

7. Корчемкина Ю.В., Гафарова Е.А., Белоусова Н.А., Мальцев В.П. Применение информационных технологий для повышения эффективности и планирования образовательной траектории обучения математике студентов // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 7. С. 114–118.

8. Суховиенко Е.А. Теоретические основы информационных технологий педагогической диагностики. Челябинск: ЧГПУ, 2004. 212 с.

9. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы. СПб.: Питер, 2011. 512 с.

10. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. СПб.: ООО «Речь», 2003. 350 с.

11. Автоматический расчет T критерия Вилкоксона. URL: https://www.psychol-ok.ru/statistics/wilcoxon (дата обращения: 04.08.2018).

УДК 378.1:004

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ТВОРЧЕСТВУ В ОБЛАСТИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Курзаева Л.В., Белобородов Е.А., Чернов Е.В., Лактионова Ю.С.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

Появление новых технологий и темпы их развития обуславливают потребность в разработке эффективных механизмов реагирования общества на инновационные вызовы. Несомненно, перед системой образования ставится задача подготовки молодого поколения к жизни в таком обществе, а значит, еще на этапе в вузе у будущего учителя должна быть сформирована система знаний, умений и качеств личности, уровень которых является достаточным для самостоятельной постановки и решения профессиональных задач, базирующихся на использовании технологий из перспективных отраслей. То есть будущий учитель должен обладать готовностью к научно-техническому творчеству. В рамках данной статьи раскрываются методические аспекты формирования составляющих рассматриваемой готовности на основе проектной деятельности в области AR-технологии – «soft skills» (компетенции в области продуктивного, изобретательского мышления; навыки проектного управления, командной работы и ее организации, владение технологиями постановки задач и эвристик) и «hard skills» (компетенции по работе со сложным программным обеспечением и технологическим оборудованием). Рассмотрены особенности данной технологии, предложены ближняя и дальняя цели методики формирования готовности будущего учителя к научно-техническому творчеству, даны рекомендации по формированию состава проектной группы, педагогические условия для достижения ближней и дальней целей; рассмотрен ход деятельности на основе реализации идеи работы с прототипом будущего AR-приложения и этапы решение проектных и технологических задач бакалаврами педагогического образования. Статья может быть интересна для разработчиков образовательных программ и преподавателей систем высшего и дополнительного профессионального образования.

Ключевые слова: научно-техническое творчество, готовность, студент, учитель информатики, проект, дополненная и виртуальная реальности

METHODICAL ASPECTS OF THE READINESS TO SCIENTIFIC TECHNICAL ARTICLES IN AUGMENTED REALITY AREA OF FUTURE TEACHERS OF COMPUTER SCIENCE FORMING

Kurzaeva L.V., Beloborodov E.A., Chernov E.V., Laktionova Yu.S.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

The emergence of new technologies and the pace of their development necessitate the development of effective mechanisms for responding to innovative challenges. Undoubtedly, the education system is faced with the task of preparing the younger generation for life in such a society, and so even at the stage in the university, the future teacher should be formed a system of knowledge, skills and qualities of the individual, the level of which is sufficient for independent formulation and solution of professional tasks based on the use of technologies from promising industries. That is, the future teacher should have readiness for scientific and technical creativity. Within the framework of this article, methodical aspects of the formation of soft skills (competence in the field of productive, inventive thinking; skills of project management, team work and its organization, knowledge of problem setting technologies and heuristics) and hard skills (competence to work with complex software and technological equipment) of the readiness on the basis of project activity in the field of AR technology are disclosed. The features of this technology are considered, the near and far goals of the methodology for forming the future teacher's readiness for scientific and technical creativity, recommendations on the formation of the project team are given, pedagogical conditions for achieving near and far goals are proposed; the course of the project activity on the basis of the implementation of the idea of working with the prototype of the future AR-application and the stages of the solution of design and technological tasks by bachelors of teacher education were reviewed. The article can be interesting for developers of educational programs and teachers of higher and additional professional education systems.

Keywords: scientific-technical creativity, a willingness, a student, a teacher, project, augmented and virtual reality

Глобальная технологическая революция ставит новые вызовы обществу. «Взрывное развитие и распространение новых технологий, их проникновение во все сферы человеческой деятельности приводят в настоящее время к быстрым и драматическим изменениям на глобальных рынках, в самой структуре и характере современного промышленного производства и экономики. Переход к новому технологическому укладу приведет к формированию в мире в течение ближайших 10–20 лет совершенно новых крупных рынков, предлагающих потребителям передовые технологические решения и принципиально новые продукты и сервисы» [1]. Таким образом, ближайшие годы станут основными для технологических изменений. Отставание в развитии таких технологий из сугубо экономической проблемы перерастает в проблему безопасности общества в целом.

Таким образом, современные наука и технологии, постоянно ускоряясь в своем развитии, ставят новые цели перед системой образования. В соответствии с ФГОС ВО направления подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование» (уровень бакалавриата) одними из компетенций учителя являются «способность организовывать сотрудничество обучающихся, поддерживать активность и инициативность, самостоятельность обучающихся, развивать их творческие способности (ПК-7)», а также «способность использовать возможности образовательной среды для достижения личностных, метапредметных и предметных результатов обучения и обеспечения качества учебно-воспитательного процесса средствами преподаваемого учебного предмета (ПК-4)» [2]. Проецируя данное требование к теме исследования, можно сделать вывод о том, что современный учитель информатики должен быть способен продемонстрировать прикладной аспект своей дисциплины в междисциплинарной связке, например в рамках организации научно-технического творчества обучающихся. Сам же учитель должен обладать готовностью к восприятию новых идей, принятию нестандартных решений, к активному участию в инновационных процессах. Однако обеспечение такой готовности и выход за пределы предметной подготовки должен осуществляться еще на этапе обучения в вузе.

Обобщая опыт И.Т. Глебова, М.А. Шустова, освещенный в [3, 4], под готовностью будущего учителя к научно-техническому творчеству будем понимать интегративную систему его знаний, умений и качеств личности, уровень сформированности которых является достаточным для самостоятельной постановки и решения профессиональных задач, базирующихся на использовании технологий из перспективных отраслей в соответствии с национальной технологической инициативой.

Цель исследования: выделение и реализация педагогических условий, обеспечивающих развитие готовности к организации научно-технического творчества будущих учителей с применением передовых технологий.

Происходящие социальные трансформации обусловили появление новой образовательной парадигмы, базирующейся на компетентном [5–8] и проектно-продуктивном подходах [9–11].

Интеграция данных подходов воплощается в понимании того, что готовность будущего учителя к научно-творческой деятельности выражается двумя классами компетенций, так называемых «soft skills» (компетенции в области продуктивного, изобретательского мышления; навыки проектного управления, командной работы и ее организации, владение технологиями постановки задач и эвристик) и «hard skills» (компетенции по работе со сложным программным обеспечением и технологическим оборудованием).

Не останавливаясь на теоретических основах данной парадигмы, хотелось бы представить методические особенности формирования рассматриваемой готовности у будущих учителей (студентов направления подготовки «Педагогическое образование», профиль информатика и экономика) на примере одного из профилей олимпиады Национальной технологической инициативы – разработка приложений дополненной и виртуальной реальности (AR/VR). Раскрываемые методические аспекты в первую очередь направлены на формирование прежде всего начальных hard skills, однако применяемые методические приемы также полезны в отношении компонентов soft skills.

Сложность изучения данной технологии заключается в необходимости наличия знаний в области линейной и векторной алгебры, программирования, настройки программных средств, графики и 3d моделирования, что зачастую в образовательных программах подготовки учителей информатики (вне зависимости от дополнительного профиля) рассматривается в недостаточном объеме либо в слабой междисциплинарной связке.

Опыт реализации проектной деятельности в ходе преподавания дисциплины «Инновационные методы и средства обучения», в рамках которой лежит идея использования AR/VR-технологии, позволяет определить структурные компоненты методики формирования готовности к научно-техническому творчеству у будущих учителей.

Ближняя цель: обеспечить формирование способностей к изучению и применению AR/VR-технологий как инструментов разработки средств обучения, как составляющей готовности к научно-техническому творчеству.

Дальняя цель: обеспечить развитие готовности к организации научно-технического творчества обучающихся с применением передовых технологий.

Проектная группа: 2–3 человека, возможно, с разделением ролей (в зависимости от степени подготовленности участников по составляющим используемой технологии).

Педагогические условия для достижения ближней цели:

1) формирование заинтересованности в использовании AR/VR-технологий за счет снижения порога сложности и знакомства с ними, а также ориентации на получение результатов, имеющих практическую значимость;

2) обеспечение учебно-методической поддержки по составляющим AR/VR-технологии (специализированное программное и аппаратное обеспечение, программирование, 3d моделирование, компьютерная графика);

3) рефлексия результатов работы и своего участия в групповом проекте.

Так как дальняя цель может не лежать в области AR/VR-технологий, для ее достижения важным педагогическим условием является:

4) обеспечение рефлексии готовности к научно-техническому творчеству с элементами педагогического проектирования использования полученного опыта в будущей профессиональной деятельности.

Обоснование выделенных условий оставим за рамками настоящей статьи, однако их реализация непосредственно связана со следующей компонентой методики.

Ведущая идея: использование «каркаса» для разработки AR/VR-приложения педагогической направленности. В данном случае «каркас» – это прототип приложения, который может быть построен, например, на базе приложения Unity и библиотеки Vuforia. Так, был разработан прототип приложения по типу «викторина», содержащий уже готовое решение по переходу от уровня к уровню. Сами уровни должны быть проработаны участниками проекта с применением технологии дополненной реальности. Прототип представляет из себя приложение со всеми необходимыми элементами: скриптами, камерой дополненной реальности, базой маркеров и др.

Реализация такой идеи позволила обеспечить выполнение первого условия, обеспечив знакомство с технологией без глубокого погружения в самостоятельное программирование, но чтение и понимание исходного кода на новом для студента языке программирования.

Задачи, стоящие перед будущими учителями:

– проектные: определить цель проекта и то, каким должен быть результат, распределить роли (если это необходимо).

– технологические: познакомиться со средой Unity, с прототипом приложения и его составляющими, который нужно будет доработать до готового приложения с использованием SDK Vuforia.

Методика реализации педагогических условий

Как показывает опыт, решение проектных задач в части определения результата даже при ограничениях прототипа может быть разным – от предметной викторины до квеста-бродилки.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System;

public class NextLevel : MonoBehaviour {

    public string stringToEdit = "Принять";
    public string lvlName;
    public string answer;
    public string lvl;

    void OnGUI()
    {
        GUI.skin.box.fontSize = Convert.ToInt32(Math.Round(Screen.height * 0.03f));
        //Цвет шрифта - белый
        GUI.contentColor = Color.white;
        //расположение прямоугольника
        if (lvl == Convert.ToString(1)) {
            GUI.Box(new Rect(0, 0, Screen.width, (float)Math.Round(Screen.height * 0.045f)), "Экзамен по хакерству");
        }
        if (lvl == Convert.ToString(2))
        {
            GUI.Box(new Rect(0, 0, Screen.width, (float)Math.Round(Screen.height * 0.045f)), "Экзамен по читерство");
        }
        if (lvl == Convert.ToString(3))
        {
            GUI.Box(new Rect(0, 0, Screen.width, (float)Math.Round(Screen.height * 0.045f)), "Экзамен по ламерству");
        }

        GUI.skin.button.fontSize = Convert.ToInt32(Math.Round(Screen.height * 0.04f));

        if (GUI.Button(new Rect(Screen.width * 0.5f - (Screen.width * 0.4f / 2), Screen.height * 0.8f + 150, Screen.width * 0.4f,
(float)Math.Round(Screen.height * 0.045f)), "Принять"))
        {
            if (TextField.stringToEdit2 == answer)
            {
                //STimer_instr.isFirst = true;
                Application.LoadLevel(lvlName);
            }
        }
    }

    // Use this for initialization
    void Start()
    {

    }
```

Рис. 1. Скрипт перехода на следующую сцену и отрисовки верхнего поля и кнопки

Конечно, определенную сложность вызывает решение технологических задач. Сама среда разработки не проста. Unity [11] – это инструмент для разработки двух и трехмерных мультимедийных приложений и игр. Соответственно, для студента нетехнической специальности – это программная среда с нетривиальной навигацией по ней и управлением объектами. Рассмотрим понятия, которые необходимо изучить при работе над проектом. Сцена – визуальное место конструирования приложения, где располагаются все элементы (камера, маркеры и др.). Скрипты – это еще одна важная часть приложения, они могут использоваться при переходе со сцены на сцену, для подсчета уровней, выведении надписей, фокусировки камеры, отрисовки кнопок и для много другого. Скрипты создаются на языке C#, для использования скрипта в конкретной сцене необходимо перетащить его на нужную мишень. Знакомство с прототипов начинается с изучения скриптов и связанных с ними объектов. В сценах прототипа используется следующие скрипты: переход на новую сцену, отрисовка надписи в верхней части экрана, отрисовка поля ввода, а также отрисовка и нажатие кнопки (рис. 1–2).

Данный скрипт отвечает за переход на следующую сцену, в случае если ответ верный, отрисовку строки в верху экрана, и обработку и появление кнопки. Следующий же скрипт отвечает за отрисовку поля ввода ответов.

Студентам поясняются лишь общие идеи, заложенные в алгоритмах рассматриваемых скриптов. Рассмотрение особенностей реализации – это одна из задач, которую нужно решить. Кроме того, возможна постановка задачи оптимизации кода, так как в нем, например, присутствуют неиспользуемые переопределяемые переменные.

В дальнейшем необходимо будет эти скрипты связать с используемыми компонентами Vuforia [12], например, с Image Target (в окне объекта отображаются дополнительные настройки, касающиеся скрипта как на рис. 3).

Следующей задачей является изучение основ использования компонентов библиотеки Vuforia – создание и использование маркеров. Маркеры – это некоторые объекты реального мира, при наведении камеры на которые происходит срабатывание программы и непосредственное дополнение реального мира некими виртуальными объектами.

Это прежде всего AR Camera – камера дополненной реальности предназначена для захвата элементов реального мира с последующим взаимодействием с ними.

Чтобы обеспечить реализацию творческой идеи, необходимо изучить возможные для этого технологические инструменты:

– для изображений – Images: Image Targets, Multi Target, Cylinder Targets;

– для объектов реальности – Objects: Object Reco, VuMark, Model Targets;

– для среды – Environments: Extended Tracking, Ground Plane.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using System;

public class TextField : MonoBehaviour {

    private string stringToEdit = "ПАРОЛЬ";
    public static string stringToEdit2;
    void OnGUI()
    {
        GUI.skin.textField.fontSize = Convert.ToInt32(Math.Round(Screen.height * 0.04f));
        GUI.skin.textField.alignment = TextAnchor.MiddleCenter;
        stringToEdit = GUI.TextField(new Rect(Screen.width * 0.5f - (Screen.width * 0.4f / 2), Screen.height * 0.8f, Screen.width * 0.4f,
(float)Math.Round(Screen.height * 0.045f)), stringToEdit, 40);
        stringToEdit2 = stringToEdit;
        //Debug.Log (Screen.height);
    }
    // Use this for initialization
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {

    }
}
```

Рис. 2. Скрипт поля ввода данных

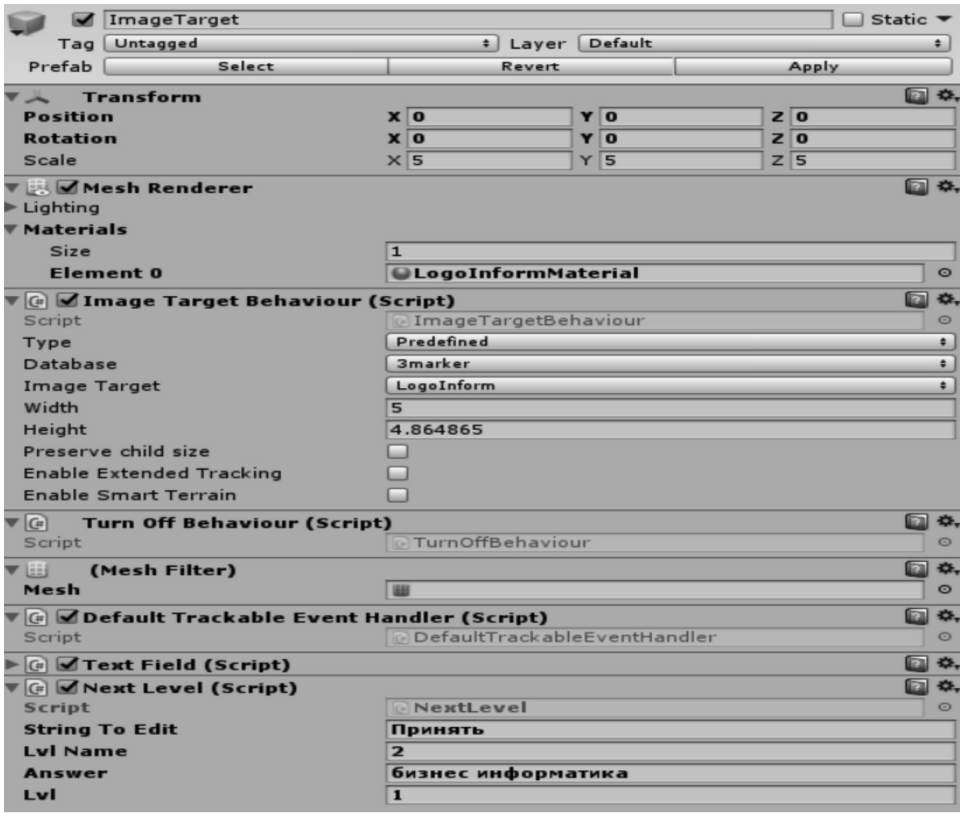


Рис. 3. Окно объекта Image Target

Как видно, технологическая сложность разработки для бакалавра нетехнического направления подготовки высока, поэтому для реализации второго условия (обеспечение учебно-методической поддержки по составляющим AR/VR-технологии) были разработаны учебно-методические рекомендации, осуществлена подборка обучающих материалов по 3d моделированию и разработке приложений в Unity, в том числе мультимедийных; проводились консультирование и общее межгрупповое обсуждение сложных моментов реализации проекта с точки зрения используемой технологии.

Защита разработанных приложений осуществляется с обязательной апробацией, оценкой степени реализации идеи, вклада каждого участника, сложности контента и реализованных технологических особенностей. Наиболее интересные приложения с успехом применяются в рамках профориентационной работы университета. Заинтересованность аудитории, на которую ориентирована профориентационная работа, является мощным мотивационным стимулом для студентов в дальнейшем изучении данного направления и развитии готовности к научно-техническому творчеству в будущей профессиональной деятельности, что обеспечивает реализацию третьего педагогического условия (рефлексия результатов работы и своего участия в групповом проекте).

Предполагаем, что для реализации четвертого условия (обеспечение рефлексии готовности к научно-техническому творчеству с элементами педагогического проектирования использования полученного опыта в будущей профессиональной деятельности) будет полезна программа саморазвития в следующей интерпретации:

1 этап – видение «Я и другие» (анализ, оценка и сравнение своего и чужого опыта, факторов успеха и неудач).

2 этап – оценка видения «Я – настоящее» на основе самодиагностики имеющихся и накапливаемых на данный момент достижений. Данный этап сопровождался работой будущего учителя о готовности к будущей профессиональной деятельности с использованием передовых технологий.

3 этап – прогнозирование личностных достижений на определенный период времени («Я – будущее» – реально достижимое) и более длительный период («Я – будущее» – желаемое). На данном этапе сту-

денты определяли свои приоритетные цели в следующей логической цепочке: перечень моих целей для развития готовности к научно-техническому творчеству → степень важности каждой → мои интересы и ограничения.

4 этап – проектирование конкретных действий по достижению построенных образов «Я – реально достижимое» и «Я – желаемое». На данном этапе определялись шаги для достижения приоритетных целей: мои задачи (что мне нужно сделать в области hard skills и soft skills) → необходимые средства → порядок выполнения → форма осуществления.

5 этап – промежуточный контроль личностных достижений, при необходимости – коррекция системы целей.

Судить об эффективности выделенных условий в отношении дальней цели пока преждевременно, однако полагаем, что они составляют комплекс, в котором первые три условия являются необходимыми, а четвертое – достаточным.

Заключение

Представленная методика показала результаты в части достижения ближней цели, согласно результатам проведенного опроса, около 70 % бакалавров хотели бы более глубоко изучить саму технологию дополненной реальности, а находят возможным это сделать собственными силами около 55 %. Учитывая сложность рассматриваемой технологии, считаем, что рассматриваемая методика оправдывает себя в отношении такой составляющей готовности будущих учителей к научно-техническому творчеству, как hard skills.

Список литературы

1. Национальная технологическая инициатива: официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: http://www.nti2035.ru/nti/ (дата обращения: 20.09.2018).

2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (уровень бакалавриата) [Электронный ресурс]. Зарегистрировано в Минюсте России 11 января 2016 г. № 40536. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/440301.pdf (дата обращения: 04.09.2018).

3. Глебов И.Т. Методы технического творчества: учеб. пособие. М.: Машиностроение, 2016. 253 с.

4. Шустов М.А. Методические основы инженерно-технического творчества: монография. М.: ИНФРА-М, 2017. 276 с.

5. Зимняя И.А. Компетентностный подход. Каково его место в системе современных подходов к проблеме образования? (теоретико-методологический аспект) // Высшее образование сегодня. 2006. № 8. С. 20–26.

6. Курзаева Л.В. Адаптивное управление качеством профессиональной подготовки на основе компетентностного подхода: общее видение в парадигме ФГОС // Новые информационные технологии в образовании: материалы VI Международной научно-практической конференции. 2013. С. 357–359.

7. Лебедев О.Е. Компетентностный подход в образовании // Школьные технологии. 2004. № 5. С. 3–12.

8. Хуторской А.В., Хуторская Л.Н. Компетентность как дидактическое понятие: содержание, структура и модели конструирования // Педагогика и методика образования человека: сб. науч. ст. Гродно: ГрГУ, 2015. С. 61–83.

9. Крылова Н.Б., Леонтьева О.М. Основные идеи продуктивного образования // Новые ценности образования. 2003. № 4 (15). С. 3–9.

10. Лебедева Л.И., Иванова Е.В. Метод проектов в продуктивном обучении // Школьные технологии. 2002. № 5. С. 116–120.

11. Стенина Т.Л. Становление проектной культуры студентов. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 243 с.

12. Unity [Электронный ресурс]. URL: https://unity3d.com/ru (дата обращения 20.09.2018).

13. Vuforia Developer Portal [Электронный ресурс]. URL: https://developer.vuforia.com (дата обращения 20.09.2018).

УДК 78.071.4

КОНСТРУКТИВНО-ПРОЕКТИРОВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧИТЕЛЯ МУЗЫКИ: АНАЛИЗ МУЗЫКАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мавродина Ю.Н.

ГБОУ ВО «Белгородский государственный институт искусств и культуры», Белгород, e-mail: julia.mavrodina@yandex.ru

В данной статье осуществлён анализ музыкально-педагогических исследований, посвящённых проблемам профессиональной подготовки будущих учителей музыки, с целью выявить специфические черты конструктивно-проектировочной деятельности педагога-музыканта. При этом конструктивно-проектировочная деятельность учителя музыки рассматривается как один из аспектов его профессиональной деятельности с позиций ведущих деятелей в области педагогики музыкального образования. В статье упоминаются имена таких выдающихся учёных, педагогов-музыкантов и учителей, как Э.Б. Абдуллин, Ю.Б. Алиев, О.А. Апраксина, Л.Г. Арчажникова, Л.А. Безбородова, Л.Г. Дмитриева, Д.Б. Кабалевский, Л.С. Майковская, Е.В. Николаева, Л.А. Рапацкая, Б.С. Рачина, Г.П. Сергеева, Б.М. Целковников, Н.М. Черноиваненко, Л.В. Школяр и др. Также в статье анализируются более современные научные исследования Е.Б. Девяткиной, М.Д. Корноухова, В.В. Гетьман и др. Сопоставляя и анализируя различные суждения, мнения и выводы исследователей, музыкантов, педагогов, автор уточняет определение понятия «конструктивно-проектировочная деятельность учителя музыки», перечисляет её основные задачи, рассматривает результаты исследуемого вида деятельности. Также автор пытается выявить специфику, характерную для конструктивно-проектировочной деятельности педагога-музыканта, заключающуюся в преобладании художественной, технологической, творческой, эстетической составляющих.

Ключевые слова: анализ музыкально-педагогических исследований, конструктивно-проектировочная деятельность, учитель музыки, профессиональная деятельность педагога-музыканта

CONSTRUCTION AND DESIGN THE ACTIVITIES OF THE MUSIC TEACHER: ANALYSIS OF MUSICAL-PEDAGOGICAL RESEARCH

Mavrodina Yu.N.

Belgorod State Institute of Arts and Culture, Belgorod, e-mail: julia.mavrodina@yandex.ru

In this article the analysis of musical-pedagogical researches devoted to the problems of professional training of future music teachers is carried out in order to reveal the specific features of constructive-designing activity of the teacher-musician. At the same time, the constructive and design activity of the music teacher is considered as one of the aspects of his professional activity from the positions of the leading figures in the field of pedagogy of music education. The article mentions the names of such outstanding scientists, teachers, musicians and teachers, as E.B. Abdullin, Y.B. Aliev, O.A. Apraksina, L.G. Arzhanikova, L.A. Bezborodov, L.G. Dmitrieva, D.B. Kabalevsky, L.S. Maykovskaya, E.V. Nikolaeva, L.A. Rapacka, B.S. Rachina, G.P. Sergeeva, B.M. Tserkovnikov, N.M. Chernoivanenko, L.V. shkolyar, etc. the article Also examines more modern research, E.B. Devyatkina, M.D. Kornoukhov, V.V. Getman. Comparing and analyzing different judgments, opinions and conclusions of researchers, musicians, teachers, the author clarifies the definition of the concept of «constructive-design activity of a music teacher», lists its main tasks, considers the results of the studied activity. Also, the author tries to identify the specifics characteristic of the constructive and design activity of the teacher-musician, which consists in the predominance of artistic, technological, creative, aesthetic components.

Keywords: analysis of musical-pedagogical research, constructive-design activity, music teacher, professional activity of the teacher-musician

На сегодняшний день вопросы, связанные с профессиональной деятельностью учителя, не теряют своей актуальности. В связи с этим музыкально-педагогическая деятельность учителя музыки всё чаще становится предметом научных трудов. Ведутся исследования, рассматривающие психологические аспекты в профессиограмме педагога-музыканта, процесс формирования профессиональных навыков, специфику подготовки к различным видам деятельности: коммуникативной, организаторской, исследовательской, музыкально-исполнительской и т.д.

Но для формирования педагогического мастерства учителю музыки также важно владеть умениями проектировать, моделировать и конструировать процесс музыкального образования школьников. Таким образом, конструктивно-проектировочная деятельность педагога-музыканта приобретает большое значение как один из аспектов его профессиональной деятельности.

Некоторые вопросы, связанные с данным видом деятельности, находят отражение в работах таких выдающихся учёных, исследователей, педагогов-музыкантов, как Э.Б. Абдуллин, Ю.Б. Алиев, О.А. Апраксина, Л.Г. Арчажникова, Л.А. Безбородова, Л.Г. Дмитриева, Д.Б. Кабалевский, Л.С. Майковская, Е.В. Николаева, Л.А. Рапацкая, Б.С. Рачина, Б.М. Целковников,

Н.М. Черноиваненко, Л.В. Школяр и др. Но при этом не исследованными остаются проблемы, связанные с её спецификой, сущностью, содержанием и т.д.

Цель исследования: выявление специфики конструктивно-проектировочной деятельности учителя музыки посредством анализа музыкально-педагогических исследований.

Материалы и методы исследования

Для достижения цели исследования использовался следующий комплекс методов исследования: изучение литературных источников по проблеме исследования, теоретический анализ музыкально-педагогической литературы, обобщение, синтез.

Конструктивно-проектировочная деятельность как общепедагогическая категория представляет собой не просто планирование или подготовительный этап, предшествующий организации и реализации учебно-воспитательного процесса, а подразумевает постановку новых целей и задач, проектирование и конструирование педагогических ситуаций, отбор и композицию учебного материала, планирование образовательных отношений между учителем и обучающимися.

Что же касается конструктивно-проектировочной деятельности учителя музыки, то, по словам Э.Б. Абдуллина и Е.В. Николаевой, она «направлена на осмысление содержания и способов художественно-педагогического построения отдельного урока музыки, блоков уроков, целой четверти и т.д., воплощающих определённую идею и логику их развития. Эта деятельность предусматривает прогнозируемую учителем смену своих эмоциональных состояний, своей энергетики, отвечающих характеру запланированных видов музыкальной деятельности учащихся» [1, с. 160].

Б.С. Рачина, внесшая большой вклад в развитие научно-методической мысли в области профессиональной деятельности педагога-музыканта, указывает на необходимость формирования готовности будущих педагогов-музыкантов именно к конструктивно-проектировочной деятельности, которая, по её мнению, заключается в формировании конструктивных и проектировочных навыков и умений; в овладении методиками по организации и осуществлению различных видов деятельности школьников, в том числе и музыкально-практической; в освоении инновационных технологий, способствующих оптимизации учебно-воспитательного процесса и т.д. По словам автора, «конструирование и проектирование объединяет стратегию и тактику планирования образовательной деятельности. Стратегия реализуется в проектировании, прогнозировании, осуществлении целостного педагогического процесса (календарно-тематический перспективный план на четверть, учебный год). Тактика осуществляется в рамках одного педагогического проекта (поурочный план-сценарий) [2, с. 14–15].

Таким образом, данный аспект профессиональной деятельности представляет собой систему действий учителя музыки, направленную на создание прогнозируемого продукта-результата в виде:

– целей и задач музыкального образования школьников;

– плана-конструкта урока музыки или внеурочных форм организации учебно-воспитательного процесса;

– музыкального материала для восприятия в ходе урока музыки, соответствующего возрастным особенностям обучающихся, а также их интересам;

– песенного репертуара, изучаемого в процессе вокально-хоровой работы;

– комплекса методов обучения, как общедидактических, так и методов музыкального образования, позволяющих осуществлять учебно-воспитательный процесс более эффективно;

– различных форм организации учебно-воспитательного процесса: урока музыки, внеклассных и внеурочных занятий;

– разнообразных видов музыкально-практической деятельности школьников: вокально-хоровой работы, восприятия музыки, пластического интонирования, импровизации, элементарного музицирования и т.д.;

– содержания уроков музыки в соответствии с тематическими установками и художественно-педагогической идеей образовательного процесса;

– программируемой собственной роли в качестве учителя музыки по организации и управлению учебной, практической и познавательной деятельностью обучающихся.

Результаты исследования и их обсуждение

Особенности конструктивно-проектировочной деятельности педагога-музыканта, отличающие её от деятельности других учителей-предметников, связаны со спецификой самого предмета «Музыка», на который возлагается преимущественно не обучающая, а воспитательная функция, направленная на формирование гармоничной личности ребёнка, его чувств, эмоций, духовно-нравственных ориентиров.

Базируясь на принципах музыкальной педагогики, исследуемый вид деятельности имеет как технологическую, так и художественную составляющие. Ещё Д.Б. Кабалевский, говоря о специфике профессии «учитель музыки», отмечал, что процесс обучения школьников необходимо реализовывать не только посредством общедидактических принципов. «Для изучения музыки эти принципы, разумеется, нужны, но, если они не проникнуты живым дыханием самой музыки, они остаются абстрактной схемой, вырождающейся, в конце концов, в догматические «правила педагогики», способные лишить его радости, эмоциональной наполненности и тем самым отнять у него самое главное – способность благотворного воздействия на духовный мир учащихся, на их эстетические воззрения, на формирование их высокого эстетического вкуса» [3, с. 5].

Поэтому и в основе конструктивно-проектировочной деятельности педагога-музыканта можно выделить две составляющие: художественную и технологическую. Технологическая составляющая базируется на принципах общей дидактики и сближает деятельность учителя музыки с деятельностью других учителей-предметников. А художественная придаёт специфические чер-

ты, характерные для деятельности педагога в области искусства.

Данную мысль развивает и Г.П. Сергеева, указывая на необходимость строить профессиональную деятельность учителя музыки, в том числе и конструктивно-проектировочную, на взаимодействии как художественных, так и дидактических элементов [4]. В качестве художественных компонентов она выделяет: содержательный (овладение понятиями в области музыкальной культуры); музыковедческий (изучение музыкального искусства); культурологический (восприятие культурных процессов в мировом пространстве, осмысление социокультурных диалогов различных народов, осмысление феномена культуры); музыкально-психологический (постижение психолого-педагогических основ, необходимых в работе с детьми); музыкально-деятельностный (овладение навыками организации музыкально-практической деятельности школьников); методический (освоение технологии организации и проведения урока музыки как урока искусства).

В качестве дидактических компонентов рассматриваются следующие: изучение федеральных государственных образовательных стандартов; освоение нормативной базы в сфере образования; внедрение её элементов в процесс общего музыкального образования школьников; овладение методическими основами и содержанием различных форм организации учебно-воспитательного процесса в области музыкальной педагогики с учётом музыкально-просветительской, эстетической и воспитательной специфики.

Рассматривая специфику конструктивно-проектировочной деятельности педагога-музыканта, необходимо выделить его творческую составляющую. По словам Ю.Б. Алиева и Л.А. Безбородовой, прогностические, проектировочные, а также конструктивные умения учителя музыки, обладая творческим потенциалом и занимая одно из значимых мест в профессиограмме педагога-музыканта, способствуют планированию и реализации процесса музыкального образования школьников на более высоком уровне.

Наравне с творческой составляющей данного вида деятельности немаловажное значение в педагогическом мастерстве учителя музыки, как отмечают авторы, приобретает музыкально-просветительская функция. Заключается она, прежде всего, в потребности делиться с детьми своими знаниями, умениями и навыками в сфере музыкального искусства и реализуется посредством урока музыки, который «возникает в воображении, насыщаясь конкретным содержанием, исходя из задач, актуальных именно сегодня» [5, с. 52].

Большое значение для музыкально-педагогической деятельности учителя музыки, в том числе её конструктивно-проектировочного компонента, имеет эстетическая составляющая, которая реализуется на основе принципов искусства. Она способствует формированию у школьников эстетических чувств и эмоций, которые дети учатся выражать, раскрывая и обогащая свой внутренний мир. Также, благодаря эстетической составляющей, развивается духовно-нравственное отношение детей к культуре, музыке, окружающему миру.

Проследить влияние эстетической составляющей на конструктивно-проектировочную деятельность педагога-музыканта можно на примере следующих аспектов:

– воплощение художественно-педагогической идеи урока музыки с опорой на природу искусства, творчества;

– внедрение в учебно-воспитательный процесс технологий и методик, характерных для педагогики в области искусства, таких как «художественная мастерская», «художественный диалог», полихудожественная деятельность;

– организация музыкально-практической деятельности обучающихся с целью развития их творческих, музыкальных, художественно-эстетических способностей;

– обучение детей проектной деятельности (разработка проектов в области музыкального искусства).

Так, в исследовании Е.Б. Девяткиной описан процесс реализации эстетической составляющей музыкального образования, основанный как на традиционных, так и современных приёмах и методах: методе «музыкально-образной драматургии» Э.Б. Абдуллина, методе «нравственно-эстетического познания музыки» Д.Б. Кабалевского, Л.В. Школяр, методе «установления взаимосвязи художественного и технического на интонационной основе» Е.В. Николаевой, методе «создания художественного контекста» Л.В. Горюновой, Е.Д. Критской; методе «художественного, нравственно-эстетического, интонационно-стилевого постижения музыки» Е.Д. Критской и т.д. [6, с. 124].

Необходимо отметить, что конструктивно-проектировочная деятельность педагога-музыканта в последнее время приобретает большое значение в связи с актуальностью процесса формирования у школьников этнокультурной толерантности. По словам Л.С. Майковской, это заключается в умении учителя музыки разработать содержание урока, подобрать музыкальный и теоретический материал, определить виды деятель-

ности школьников с учётом национальных интересов класса; построить образовательные отношения, способствующие формированию этнокультурной толерантности обучающихся. Л.С. Майковская отмечает, что «именно при таком подходе создается возможность формировать у учащихся на основе сопереживания воспринимаемых произведений теоретические и исторические знания о музыкальном искусстве и в целом – понимание музыки как бытия и участие в этом бытии. Наконец, в особой мере в этом виде деятельности планируется не только целенаправленное воспитание любви и потребности в общении с отечественным искусством, его музыкальными шедеврами, но и формирование интереса и уважения к музыкальному искусству и культуре других народов, толерантного к ним отношения» [7, с. 124].

Рассматривая вопросы, связанные с формированием интерпретационной культуры будущего учителя музыки в контексте его профессиональной компетенции, М.Д. Корноухов отмечает взаимосвязь конструктивно-проектировочной деятельности педагога-музыканта с его интерпретационной культурой. Об этом он пишет в монографии «Феномен исполнительской интерпретации в музыкально-педагогическом образовании», освещая и анализируя проблемы исполнительской интерпретации в современном музыкально-педагогическом образовании. Автор подчёркивает, что «конструктивная деятельность учителя музыки в интерпретационном аспекте охватывает не только исполнительскую деятельность учеников и восприятие ими музыки, но и осведомленность в вопросах истории, культуры, мира искусства, общественных наук и т.д. В этом виде деятельности педагога-музыканта раскрывается его профессиональный уровень разработки музыкального и тематического материала на уроках музыки, степень аргументации и обоснований личностных концепций, его способность вызывать и развивать в своих воспитанниках эмпатийные реакции, эмоционально-ценностное отношение к исполняемой музыке» [8, с. 87].

В последнее время исследовательский интерес к проблемам в сфере профессиональной деятельности педагога-музыканта не ослабевает. Так, В.С. Ульянова, рассматривая структуру профессионально-педагогической деятельности будущих учителей музыки, в качестве главных структурных компонентов выделяет конструктивный, проектировочный, организаторский, гностический компоненты [9]. А в диссертации В.В. Гетьман «Педагогическая система профессионального становления педагога-музыканта» рассматривается технология, разработанная на основе интеграции инновационных и традиционных подходов, обеспечивающих функционирование всех элементов целостной педагогической системы. При этом автором также подчёркивается значимость проектировочного компонента в профессиональной деятельности педагога-музыканта [10].

Выводы

В результате проводимого нами анализа музыкально-педагогических исследований можно сделать вывод, что конструктивно-проектировочная деятельность учителя музыки – это логично продуманная последовательность проектировочных и конструктивных действий по планированию и организации процесса музыкального образования школьников с преобладанием художественной, технологической, творческой, эстетической составляющих, базирующихся на дидактических и художественных принципах. Спецификой данной деятельности педагога-музыканта, прежде всего, является доминирование воспитательного компонента, окрашенного эмоциональным состоянием учителя и направленного на формирование гармоничной личности ребёнка посредством музыкального искусства.

Список литературы

1. Абдуллин Э.Б., Николаева Е.В. Теория музыкального образования: учебник для студентов вузов. М.: Академия, 2004. 336 с.

2. Рачина Б.С. Педагогическая практика: подготовка педагога-музыканта: учебно-методическое пособие. СПб.: Изд-во «Лань»; Изд-во «Планета музыки», 2015. 512 с.

3. Музыка. 1–8 классы. Программы общеобразовательных учреждений / Под рук. Д.Б. Кабалевского, ред. Г.П. Сергеева, Е.Д. Критская. М.: Просвещение, 2006. 224 с.

4. Сергеева Г.П. Модель последипломного образования педагога-музыканта: содержание, принципы, компоненты, функции, научно-методическое сопровождение // Педагогика искусства: электронный научный журнал 2013. № 2 [Электронный ресурс]. URL: http://www.art-education.ru/AE-magazine (дата обращения: 09.08.2018).

5. Безбородова Л.А., Алиев Ю.Б. Методика преподавания музыки в общеобразовательных учреждениях: учеб. пособие для студентов муз. фак. педвузов. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 416 с.

6. Девяткина Е.Б. Музыкально-педагогическая деятельность учителя музыки как ориентир совершенствования профессиональной подготовки студентов // Учёные записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2008. № 2. С. 122–140.

7. Майковская Л.С. Феномен этнокультурной толерантности в музыкальном образовании: дис. … д-ра пед. наук: 13.00.02, 13.00.08. Москва, 2009. 467 с.

8. Корноухов М.Д. Феномен исполнительской интерпретации в музыкально-педагогическом образовании: монография. Великий Новгород: «Кириллица», 2011. 300 с.

9. Ульянова В.С. Структура профессионально-педагогической деятельности будущих учителей художественной культуры и будущих учителей музыки, этики и эстетики // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2015. № 2. С. 109–112.

10. Гетьман В.В. Педагогическая система профессионального становления педагога-музыканта: автореф. дис. ... д-ра. пед. наук: 13.00.08. Москва, 2018. 44 с.

УДК 377.031.4

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОФИЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССАХ

[1]Мерзлякова Д.Р., [2]Мирошниченко А.А.

[1]ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», Ижевск, e-mail: dinamerzlyakova26@gmail.com;

[2]ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко», Глазов, e-mail: ggpi@mail.ru

Статья посвящена теоретическому обоснованию методики обучения и воспитания в профильных инженерно-технологических классах в области Национальной технологической инициативы (НТИ). В ней представлены цель и задачи подготовки будущих инженерных кадров в ближайшие 20 лет в рамках Национальной технологической инициативы. Отмечено, что роль общего образования в подготовке кадров «нового поколения» заключается в том, что оно готовит к осознанному выбору профессии. Формирование инженерного мышления у школьников в профильных инженерно-технологических классах должно быть ориентировано на технологии НТИ, способствующие развитию современных рынков производства. Данная система обучения и воспитания, направленная на изучение данных технологий НТИ в профильных инженерно-технологических классах, позволяет работать в межпредметном поле, используя различные методы: проектов, ТРИЗ и т.д. Формирование компетенций технологий НТИ у школьников должно происходить в том числе и с помощью квалиметрических экспертных методов. В связи с этим мы считаем, что процесс обучения и воспитания школьников в профильных инженерно-технологических классах будет более продуктивным при использовании целей НТИ, а не ориентировании на специальности и направления подготовки высшего образования.

Ключевые слова: инженерное образование, профессиональная педагогика, инженерная педагогика, методология инженерной педагогики, воспитание и обучение

DEVELOPMENT OF THE METHODS OF STUDY OF SCHOOLCHILDREN IN PROFILE ENGINEERING AND TECHNOLOGICAL CLASSES

[1]Merzlyakova D.R., [2]Miroshnichenko A.A.

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Udmurt State University», Izhevsk, e-mail: dinamerzlyakova26@gmail.com;

[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Glazov State Pedagogical Institute named after V.G. Korolenko», Glazov, e-mail: ggpi@mail.ru

The article is devoted to the theoretical substantiation of the teaching and education methodology in the profile engineering and technological classes in the field of the National Technological Initiative (NTI). The article presents the goal and tasks of training future engineers in the next 20 years as part of the National Technology Initiative. It is noted that the role of general education in the training of «new generation» personnel is that it prepares for an informed choice of a profession. The formation of engineering thinking in schoolchildren in the profile engineering and technological classes should be focused on STI technologies that promote the development of the following production markets. This system of education and training, aimed at studying these STI technologies in the profile engineering and technological classes, allows working in the interdisciplinary field, using various methods: projects, TRIZ, etc. Formation of competences of STI technologies in schoolchildren should occur, including with the help of qualimetric expert methods. In this regard, we believe that the process of teaching and educating schoolchildren in the profile engineering and technological classes will be more productive when using the objectives of STI, rather than focusing on the specialties and areas of higher education.

Keywords: an engineering education, professional pedagogy, engineering pedagogy, methodology of engineering pedagogy, education and training

Существующие социально-экономические условия современного общества требуют изменения методологических подходов к обучению в высших учебных заведениях. Особенно актуальна данная проблема для современного инженерного образования. Подготовка современных инженерных кадров требует пересмотра педагогической парадигмы и содержания профессионального образования. Этому способствуют инновационные процессы и развитие НБИК-технологий (нано-, био-, информационных, когнитивных).

Прогнозировать развитие отраслей, в которых могут работать будущие инженерные кадры в ближайшие 20 лет, призвана Национальная технологическая инициатива (НТИ). Это государственная программа мер по поддержке развития в России перспективных отраслей, которые в течение следующих 20 лет могут стать основой мировой экономики [1].

В 2007 г. Президент РФ В.В. Путин в послании Федеральному собранию объявил о том, что развитие отраслей, которые должны стать важным звеном инновацион-

ной экономики, будет осуществляться на базе государственных корпораций — Объединённой авиастроительной корпорации, Объединённой судостроительной корпорации и «Роснано». В том же году была создана и госкорпорация «Ростех», целью деятельности которой было названо содействие разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции [2, 3].

Необходимость смены традиционных технологий, при которых до 90% ресурсов идет на создание отходов и загрязнение окружающей среды, и внедрения природоподобных, аддитивных технологий рассматривается на самом высоком уровне. О необходимости внедрения технологий, оптимизирующих отношения человека и природы, на 708-й сессии Генеральной ассамблеи ООН сказал Президент России В.В. Путин: «Речь должна идти о внедрении принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в полной гармонии и позволят восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. И это действительно вызов планетарного масштаба». Принципиальная новизна НБИК-технологий определяется их самоорганизующейся природой, но также и возможными опасностями неконтролируемых социоантропологических изменений и рисками для человечества, что позволяет исследователям говорить о становлении качественно новой социо-, антропо-, информо-, техносреды. С переходом к производственному воспроизведению органов и систем органических форм появляются средства адресного воздействия на процесс жизнедеятельности человека, воздействия на психику и физиологию человека, в том числе и в целях управления и манипулирования людьми [4, 5].

В связи с этим возникает необходимость изменений в профессиональной подготовке инженеров, способных работать в новых рынках производства. Пересмотр развития отраслей современной экономики требует нового подхода к обучению инженеров. Требуется пересмотр образовательных программ технических вузов в соответствии с новыми требованиями современных производств. Данная подготовка инженеров «нового поколения» проводится в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 27.06.2018) «Об образовании в Российской Федерации» [6]. Профессиональный стандарт позволяет обеспечить высокий профессиональный уровень подготовки инженеров за счет создания формата образовательной среды.

Использование международного опыта также необходимо для качественной подготовки инженерных кадров и осознания стратегических линий развития экономики. Одной из задач развития инженерного образования является вхождение Ассоциации инженерного образования России (АИОР) в Washington Accord. Эта организация является самой престижной в области оценки качества инженерного образования, на основе IEA Graduate Attributes and Professional Competencies.

Следует отметить, что основная цель общего образования – это подготовка выпускников школы к осознанному выбору профессии, согласно Федеральному закону от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 27.06.2018) «Об образовании в Российской Федерации» (статья 2) [6]. Соответственно, выбор цели и стратегий общего образования определяет гарантированное развитие Российской Федерации через 20–25 лет.

В связи с вышеизложенным возникает необходимость разработки методики обучения школьников, способных в дальнейшем работать и творить в новых экономических условиях. Также следует отметить что, согласно концепции НТИ, в результате научно-технического прогресса ряд профессии, существующих в настоящее время, исчезнут через 20–25 лет. А некоторые профессии будут вновь созданы. Это будет связано, в том числе и с глобальными вызовами, стоящими перед нашим обществом. Для того чтобы создать данную методику обучения, необходимо создать теоретическое обоснование данной методики.

Поэтому цель нашего исследования – провести теоретическое обоснование разработки методики обучения школьников в профильных инженерно-технологических классах в рамках НТИ. Согласно НТИ, существуют ключевые научно-технические направления развития будущих рынков производства. Поэтому, по нашему мнению, обучение будущих инженерных кадров будет более эффективным, если подготовка будет идти по направлениям НТИ, а не по специальностям. Соответственно, подготовка будущих инженерных кадров, которые будут работать на рынке труда в ближайшие 15–20 лет, должна включать обучение данным технологиям. Благодаря формированию задела по данным технологиям, возможно создать глобально высокотехнологичные конкурентоспособные сервисы и продукты. К этим технологиям относятся: системы данных; развитие искусственного интеллекта; системы распределенного реестра; квантовые технологии; энергетика; новые производственные технологии; сенсорика

и компоненты робототехники; технологии беспроводной связи; технологии управления свойствами биологических объектов, нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальностей.

Вышеперечисленные технологии позволят развить следующие рынки производства:

1. EnergyNet – рынок энергетики.
2. FoodNet – рынок производства и доставки еды с учетом индивидуальных потребностей.
3. SafeNet – обеспечение персональной безопасности.
4. HealthNet – система персонального здравоохранения и медицины.
5. AeroNet – производство беспилотных летательных аппаратов.
6. MariNet – производство морского транспорта без экипажа.
7. AutoNet – производство автотранспорта без водителя.
8. FinNet – распределенные системы финансов и валюты.
9. NeuroNet – распределенные компоненты психики и сознания, созданные искусственно.

Материалы и методы исследования

В процессе написания статьи нами был использован анализ научной литературы. Были использованы теоретические методы: анализ, синтез, структурирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Для внедрения в систему образования технологий НТИ необходимо поэтапно формировать у обучающихся инженерное мышление, в связи с тем, что наше общество нуждается в новых инженерных кадрах, способных внедрять технические инновации в современное производство. Готовить инженерные кадры необходимо со школьного возраста, так как только в процессе обучения в школе возможно сформировать физико-математическое мышление. Физико-математическое мышление является основой инженерного мышления. Сформировать физико-математическое мышление и мотивацию получения инженерного образования возможно в процессе обучения школьников в профильных инженерных классах в общеобразовательной организации. Одним из важнейших социальных требований к школе на старшей ступени высшего образования является не только обучение, но и развитие гармоничной личности. Необходимо развивать познавательные способности обучающихся, создавать условия для успешной социализации и адаптации, что обеспечивается в том числе в процессе обучения в профильном классе. При этом инженерное мышление – это более широкое понятие, чем физико-математическое мышление, так как содержание специальностей инженерного образования значительно отличается между собой [7].

Следует отметить, что существует специфика инженерного стиля мышления. Так, например, В.Г. Горохов выделил три особенности инженерного мышления:

1. Сходство технического и художественного стиля мышления (использование графических средств, изложение материала в виде схем и формул.
2. Практико-ориентированная направленность. Ориентация мыслительной деятельности на конкретные задачи, умение манипулировать объектами, конструкциями и технологиями.
3. Научность мышления. Умение использовать научные методы, знания при создании технических объектов [8].

А.П. Усольцев, Т.Н. Шамало рассматривали инженерное мышление как мышление, направленное на обеспечение деятельности с техническими объектами, осуществляемое на когнитивном и инструментальном уровнях и характеризующееся как политехничное, конструктивное, научно-теоретическое, преобразующее, творческое, социально-позитивное [9].

Согласно А.П. Усольцеву, Т.Н. Шамало, существует ряд факторов, определяющих развитие компонентов инженерного мышления (таблица) [9].

Для развития инженерного мышления у школьников необходимо создать систему подготовки, включающую методологический, методический, технологический, психологический аспект.

Обучение в профильных инженерно-технологических классах должно включать блок начальной, средней и старшей школы. Педагоги, работающие в данных профильных классах, должны быть компетентными в вопросах культурно-просветительской, научно-исследовательской, проектной и педагогической деятельности.

Так, например, для формирования компетенций в области интеллектуальных робототехнических систем необходимо углубленное изучение школьниками математики и геометрии. Работа с робототехническими системами базируется на линейной алгебре, теории вероятности, геометрии и теории графов.

В процессе обучения школьников в области интеллектуальных робототехнических систем нами планируется использовать следующие методы обучения: метод темных пятен; тесты для повторения; метод публичного решения задач, case-study.

Факторы, определяющие развитие инженерного мышления

Компоненты инженерного мышления	Факторы, способствующие развитию компонентов инженерного мышления
Политехничность	Комплекс общеобразовательных и политехнических знаний (когнитивный уровень) и умений (инструментальный уровень) по применению этих знаний на современном производстве в сферах проектно-конструкторской, организационно-управленческой, производственно-технологической и научно-исследовательской деятельности
Конструктивность	Способность диагностично и реалистично ставить цель с учётом технических, материальных, временных, энергетических и других ресурсов, выбирать адекватные ей технические методы и средства, планировать последовательность своих действий, определять степень достижения цели, в случае необходимости диалектично ее корректировать, своевременно вносить изменения в проект
Научность	Формирование фундаментальных знаний, базирующихся на общих, естественнонаучных основах
Способность преобразования окружающего мира	Умение интуитивно предсказывать ход реальных процессов, выявлять ошибки в логических построениях, связанных с неточностью выделения существенных характеристик в процессе проектирования
Творчество	Способность мыслить, выходя за рамки имеющихся алгоритмов, образцов, моделей
Социальная позитивность	Формирование у обучающихся идей гуманизма, связанных с изучением и освещением влияния изобретений на жизнь человека, встреч с людьми, профессионально работающих в области технических инноваций, экскурсий на инновационные предприятия

Для формирования компетенций в области беспилотных авиационных систем (БПЛА) необходимо углубленное изучение школьниками информатики и физики. Для овладения технологией беспилотных авиационных систем необходимо владеть основами аэродинамики, динамики самолета, систем управления, а также применением разработанных алгоритмов в реальном полете, знать цикл проектирования систем управления для БПЛА.

В процессе занятий школьников в области БПЛА нами планируется использовать следующие методы: перекрестное, проектно-организованное обучение, имитационное моделирование.

По нашему мнению, система обучения и воспитания школьников в рамках обучения технологиям НТИ должна включать в себя следующие компоненты:

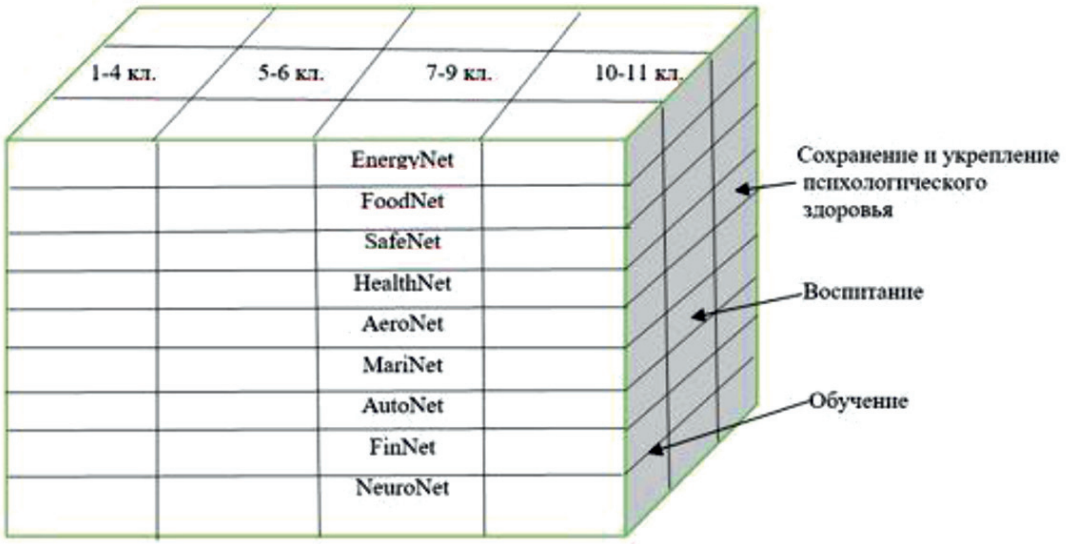
1. Учёт возраста школьников, обучающихся технологиям НТИ (начальное образование, основное образование и среднее образование).

2. Постижение школьниками технологий НТИ с помощью методов обучения, воспитания и деятельности по сохранению и укреплению психологического здоровья (рисунок).

По нашему мнению, данная система обучения и воспитания позволит развить будущего инженера как личность и подготовить его к дальнейшему саморазвитию и самообразованию, что в условиях постоянно изменяющегося рынка труда является необходимым условием успешной адаптации.

Данная система предполагает, что педагог, работающий в профильных инженерно-технологических классах (группах, кружках), должен владеть методами обучения и воспитания в рамках технологий НТИ. Безусловно, при этом нужно учитывать специфику самой технологии и возрастные особенности обучающихся. Так, например, обучение школьников методам сохранения и укрепления психологического здоровья возможно в рамках технологии SafeNet в 10–11 классах.

Таким образом, процесс обучения и воспитания школьников в профильных инженерно-технологических классах будет более продуктивным при использовании целей НТИ, чем при ориентировке на специальности и направления подготовки высшего образования. Данная система обучения и воспитания в профильных инженерно-технологических классах позволяет работать в межпредметном поле, используя различные методы: проектов, ТРИЗ [10] и т.д. Формирование компетенций технологий НТИ у школьников должно проходить в том числе и с помощью квалиметрических экспертных методов [11, 12].



Система обучения и воспитания школьников в рамках обучения технологиям НТИ

Выводы

Таким образом, бурное развитие экономики и техники требует качественной подготовки инженерных кадров. Данную подготовку необходимо осуществлять со школьной скамьи, в системе профильных классов. В рамках данной статьи, в соответствии с целью, был проведен теоретический анализ разработки методики обучения школьников в профильных инженерно-технологических классах в рамках НТИ. Подготовка и апробация данной методики позволит подготовить будущие инженерные кадры, способные работать в перспективных отраслях мировой экономики. В рамках данной методики обучения необходимо знакомить и развивать навыки обучения по направлениям рынков НТИ с учетом возрастных особенностей школьников. Были рассмотрены теоретические аспекты развития инженерного мышления в рамках НТИ. Основное, что нужно сформировать у школьников в процессе обучения в профильных классах, – это инженерное мышление. Для того чтобы обучить школьников новым технологиям в рамках НТИ, необходимо выстраивать индивидуальные траектории обучения с углубленным изучением отдельных предметов (физика, математика, информатика и т.д.). Также необходимо участие школьников в кружках по данному направлению и профильных олимпиадах. Апробация данной методики с учетом теоретических аспектов, рассмотренных в данной статье, будет предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. Ауэр М.А. Международное общество по инженерной педагогике (IGIP) и новые вызовы в инженерном образовании // Высшее образование в России. 2014. № 6. С. 28–33.

2. Сафиева Р.З. Инженерная педагогика в социогуманитарном пространстве технического вуза // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 12–1 (66). С. 156–160.

3. Шленкин К.В. Инженерная педагогика система обеспечения качества подготовки рабочих, служащих (специалистов) в профессиональных образовательных организациях // Экономика и социум. 2018. № 2 (45). С. 589–593.

4. Приходько В.М., Соловьев А.Н. Инженерная педагогика как основа кадрового обеспечения высшего технического образования // Высшее образование в России. 2014. № 3. С. 5–11.

5. Линенко О.А. Категория «инженерная деятельность» и профессионально-психологический портрет личности инженера // Высшее образование сегодня. 2011. № 5. С. 10–16.

6. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 27.06.2018) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 23.08.2018).

7. Мирошниченко А.А. Профессионально ориентированные структуры учебных элементов. Глазов: ГТПИ, 1999 63 с.

8. Горохов В.Г., Розин В.М. Техническое знание в современной культуре. М.: Высшее образование, 2017. 263 с.

9. Усольцев А.П., Шамало Т.Н. О понятии «инженерное мышление» // Формирование инженерного мышления в процессе обучения: материалы междунар. науч. конф. Екатеринбург: Изд-во УГПУ, 2015. Т. 1. С. 3–9.

10. Альтшуллер Г.С. Найти идею. М.: Альпина Паблишерз, 2012. 401 с.

11. Наговицын Р.С., Максимов Ю.Г., Мирошниченко А.А., Сенатор С.Ю. Реализация дидактической модели подготовки студентов к новаторству в процессе непрерывного образования будущего учителя // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2017. Т. 7. № 5. С. 7–24.

12. Мирошниченко А.А. Этапы квалиметрической подготовки будущих педагогов // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам: материалы междунар. науч. конф. Мозырь: Изд-во МГПУ им. И.П. Шемякина, 2017. Т. 1. С. 232–233.

УДК 378.14

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УЧЕБНЫХ ПРОЕКТАХ БАКАЛАВРОВ ПО ПРОФИЛЬНЫМ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ

Нигматулин Р.М., Вагина М.Ю.

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: ravil.nigmatulin@gmail.com, vaginamu@cspu.ru

В статье обсуждаются методические и содержательные аспекты организации учебных проектов бакалавров педагогического образования по профилю «Математика» в процессе изучения профильных математических дисциплин. Обосновывается необходимость и эффективность использования математического моделирования в проектной деятельности при подготовке будущих учителей математики. Показано, что введение математического моделирования в качестве компонента в проектную деятельность обеспечит прикладную и профильную направленность математической подготовки бакалавров педагогического образования, системность знаний, развитие их мыслительных операций, необходимых в современных условиях и формирование навыков групповой коммуникации. Выделяются условия и требования к уровню знаний студентов, к содержанию и темам проектов, к новизне результатов, к наличию практической составляющей при выполнении междисциплинарных учебных проектов по профильным математическим дисциплинам. Рассмотрен пример междисциплинарного учебного проекта и организация проектной деятельности студентов-бакалавров младших курсов в рамках изучения некоторых разделов из курсов математического анализа и геометрии. Описана и проанализирована деятельность студентов на каждом из этапов выполнения этого проекта. Показана взаимосвязь этапов выполнения проекта и этапов математического моделирование, а также выделены отличия между ними.

Ключевые слова: проектная деятельность, учебный проект, математическое моделирование, профильные математические дисциплины, подготовка бакалавров

MATHEMATICAL MODELING IN BACHELOR TRAINING PROJECTS ON PROFILE MATHEMATICAL DISCIPLINES

Nigmatulin R.M., Vagina M.Yu.

Federal State Educational Institution of Higher Education South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: ravil.nigmatulin@gmail.com, vaginamu@cspu.ru

The article discusses the methodological and content aspects of the organization of educational projects for bachelors of pedagogical education on the profile of «Mathematics» in the process of studying profile mathematical disciplines. The necessity and efficiency of using mathematical modeling in project activities in the preparation of future mathematics teachers is substantiated. It is shown that the introduction of mathematical modeling as a component in the project activity will ensure the applied and profile direction of mathematical training of bachelors, the systemic nature of knowledge, the development of their thought operations needed in modern conditions. The conditions and requirements to the level of students' knowledge, to the content and themes of projects, to the novelty of the results, to the existence of a practical component in the implementation of interdisciplinary training projects in profile mathematical disciplines are singled out. An example of an interdisciplinary educational project and organization of project activity of bachelors in the framework of studying courses in mathematical analysis and geometry is considered. The activities of students at each stage of the project are described. The interrelation between the stages of project implementation and the stages of mathematical modeling is shown, and also the differences between them are distinguished.

Keywords: project activity, educational project, mathematical modeling, profile mathematical disciplines, training of bachelors

В современном обществе к подготовке будущего учителя математики предъявляются такие требования, как умение адаптироваться к изменяющимся условиям, быстро ориентироваться в меняющемся потоке информации, находить оптимальное решение в каждой конкретной ситуации, использовать новые методики в профессиональной деятельности и взаимодействовать в команде.

К эффективному инструменту, позволяющему осуществлять качественную подготовку будущих учителей, можно отнести проектную деятельность, которая закреплена государством в качестве обязательного компонента учебного процесса [1, 2]. Для бакалавров педагогического образования этот вид деятельности не только соответствует условиям и требованиям реализации ФГОС ВО, но и является существенной составляющей профессиональной деятельности будущего учителя, способствует интеграции в процессе обучения двух видов деятельности: профессиональной и учебной [3, 4]. Именно проектная деятельность дает студентам-бакалаврам опыт поведения в проблемных практических ситуациях, развивает умение решать нестандартные проблемы и соответствовать предъявляемым повышенным требованиям к коммуникационному взаимодействию и сотрудничеству [5–7].

В настоящее время организация проектной деятельности студентов активно обсуждается отечественными [2, 5, 6] и зарубежными [8] исследователями, что в первую очередь обусловлено модернизацией системы высшего образования на основе деятельностного и компетентностного подходов.

Изменение подходов к подготовке будущего учителя математики связано с решением различных проблем, среди которых особенно выделяются такие, как отсутствие тесных межпредметных связей, изолированность профильных дисциплин и недостаточная практическая направленность их содержания. Большой потенциал для установления и развития необходимых для учебной и будущей профессиональной деятельности связей между профильными математическими дисциплинами, для их наполнения практическим содержанием имеет математическое моделирование. К основным функциям математического моделирования в процессе выполнения учебного проекта можно отнести познавательную функцию, управленческую, интерпретационную и прогностическую [9, 10]. Этапы математического моделирования органично встраиваются в этапы выполнения проекта. Введение математического моделирования в качестве компонента в проектную деятельность обеспечит формирование научного мировоззрения, прикладную и профильную направленность математической подготовки бакалавров, системность знаний, развитие их мыслительных операций, необходимых в современных условиях.

Поэтому цель нашего исследования – это выявление и анализ таких методических подходов, условий и требований к тематике и содержанию учебных проектов, а также к организации проектной деятельности по профильным математическим дисциплинам, при которых использование математического моделирования позволяет достигать высоких предметных и метапредметных результатов обучения.

Материалы и методы исследования

Анализ научно-методической литературы, методик и опыта организации проектной деятельности [3, 4, 6], а также применения математического моделирования в учебном процессе [9, 10] позволяет сделать вывод о том, что эффективное решение указанных выше проблем приводит к необходимости использования математического моделирования в учебных проектах по профильным математическим дисциплинам (например, математический анализ, аналитическая геометрия и др.).

Кроме того, важными условиями для эффективной организации проектной деятельности бакалавров в процессе их математической подготовки является наличие площадки для поиска и постановки проектных задач, интеграция проектной деятельности студентов и преподавателей [7, 11], организация презентаций, открытого обсуждения и оценки конечных продуктов проектной деятельности [4].

К требованиям выполнения учебных проектов по профильным математическим дисциплинам мы относим: соответствие уровня знаний студентов, наличие практической составляющей, выход в различные сферы знаний, отсутствие «очевидного решения» и известность решения (в литературе, интернете), мотивация изучения этих дисциплин у студентов, а также признаки новизны в постановке и/или решении задач. Профильные математические дисциплины, в частности математический анализ, дают большие возможности для выбора тем и содержания проектной деятельности [12, 13]. Такие проекты способствуют активизации познавательной деятельности студентов, развивают креативность и когнитивные процессы, навыки групповой коммуникации, являются источником инициативы и творчества.

При изучении математического анализа преподаватель предлагает такие задачи для проекта, решая которые студент не только получит знания по новой теме, но и будет формировать умения использовать их для решения задач из других дисциплин. Особенно продуктивными, по нашему мнению, являются темы, связывающие понятия и методы математического анализа с геометрическими объектами. Выполнение такого проекта позволяет в полной мере вовлекать студентов в реализацию всех этапов математического моделирования.

Предложенные авторами данной статьи методические подходы, условия и требования реализовывались при выполнении учебного междисциплинарного проекта для бакалавров 1 курса физико-математического факультета направления «Педагогическое образование» по профильным дисциплинам «Математический анализ» (раздел – дифференциальное исчисление функции одной переменной) и «Геометрия» (раздел – аналитическая геометрия, кривые второго порядка). Выполняемый проект был направлен не только на формирование конкретного набора знаний, умений и способов действия по конкретным дисциплинам, но и на создание условий для саморазвития и самореализации личности, способной к инновационной профессиональной деятельности. Такой проект может рассматриваться как один из альтернативных вариантов традиционных в вузах типовых расчетов.

Для выполнения учебных проектов преподавателями был составлен набор задач практического содержания без числовых данных и формул в условии. Эти задачи были предложены на выбор студентам на занятии. Студенты распределились на мини-группы по два-три человека. На выполнение и защиту проекта студентам отводился один семестр.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим одну из предложенных студентам задач для выполнения проекта. Представим деятельность студентов и результаты каждого этапа выполнения проекта.

Задача. Требуется изготовить упаковочную коробку для флакона туалетной воды, наибольшее по площади поперечное сече-

ние которого имеет форму эллипса. Какой можно сделать форму поперечного сечения коробки (отличной от эллипса) с целью уменьшения площади сечения? На сколько меньше окажется площадь поперечного сечения по сравнению с традиционной, часто встречаемой прямоугольной формой?

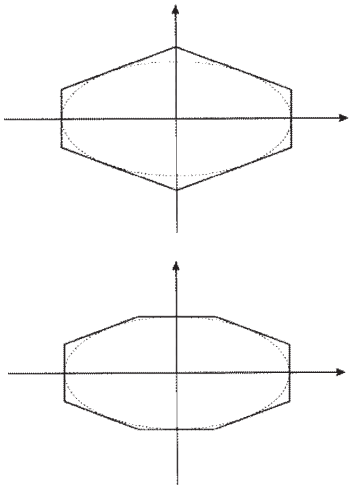
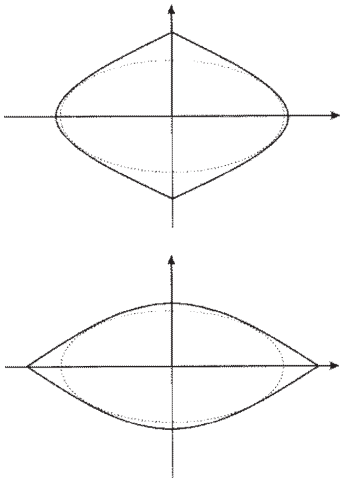
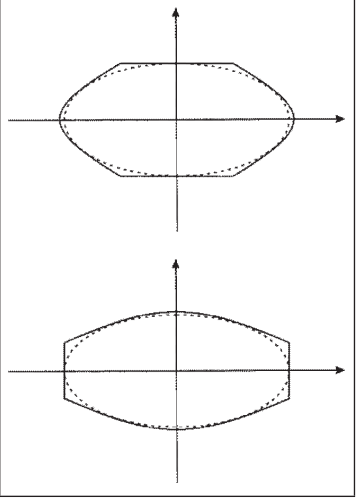
1. На начальном, поисковом этапе проектной деятельности бакалавры находили имеющуюся информацию по проблеме, подбирали примеры реальных форм упаковок, анализировали их, выбирали наиболее подходящие. Преподаватель обращал внимание студентов на существование нескольких возможных решений проблемы. Студенты выявили и исследовали несколько вариантов формы поперечного сечения и сделали выводы о том, какая площадь является наименьшей в каждом из случаев и наименьшей среди выбранных форм. Появлялась необходимость описания форм упаковок с помощью известных студентам фактов о прямых и кривых второго порядка (как наиболее часто встречающихся линиях в реальных ситуациях). На поисковом этапе проектной деятельности осуществляется первый из этапов математического моделирования. Он заключается в анализе возможностей использования математики для решения имеющейся проблемы, в подборе подходящей математической модели. Для поставленной задачи, в результате анализа собранной информации, бакалаврами было предложено несколько вариантов формы поперечного сечения (формы дна) упаковки (таблица).

2. Второй этап – аналитический, на нем бакалавры выбирали подходящие факты, понятия, практические умения, осуществляли выбор способа решения проблемы и определяли роли участников проекта. Результатом этих действий являлись: формулирование темы проекта, его цель и задачи, определение вида предполагаемого продукта своей деятельности и возможная форма представления продукта. Студентами была предложена следующая тема проекта: «Определение оптимальных размеров некоторых видов упаковок». Математическое моделирование на втором этапе выполнения проекта заключается в тщательном изучении проблемы, отборе параметров, отражающих ключевые свойства моделируемого объекта. На этом этапе студенты формулировали конкретные математические задачи и определяли методы их решения. Таким образом, завершается создание окончательной математической модели и определяются математические методы для ее решения.

Здесь студенты использовали как знания (понятия, теоремы, методы, уравнения линий и их взаимное расположение) из аналитической геометрии, так и знания из математического анализа (понятия, теоремы, методы). Сопоставление понятий из этих двух дисциплин приводит к окончательному виду математической модели, удовлетворяющей условиям задачи и к выбору подходящего метода решения.

В случае поставленной задачи – это поиск формы дна коробки с минимальной площадью: практическая задача на экстремум. Для каждого из случаев, представленных в таблице, студентами была выведена целевая функция и исследована на экстремум.

Варианты форм поперечного сечения упаковки

Только прямолинейные границы фигуры	Только криволинейные границы фигуры	Комбинированные границы фигуры
		

Для указанных в таблице вариантов форм поперечного сечения упаковки студентами были получены и исследованы следующие виды целевых функций, в которых a, b – полуоси вписанного эллипса, переменная k определяет точку касания эллипса с ограничивающими его линиями:

$$S(k)=\frac{b}{k}\left(\sqrt{b^2+a^2k^2}-b\right)+\frac{b^2}{2k},$$

$$S(k)=\frac{b^2}{4ak}+\frac{2a^3k}{3},$$

$$S(k)=\frac{\sqrt{a^2+4b^4k^2}\,(a^2+4b^4k^2)}{12b^3k^2}.$$

3. На третьем, практическом этапе бакалавры осуществляли обобщение имеющихся знаний, получали полное решение задач, обсуждали уже полученные ими результаты и соотносили их с задачами проекта. На этом же этапе на основе решения полученных задач были сделаны выводы по поставленной проблеме. Этап математического моделирования – это решение полученной математической задачи (вручную, если это не слишком сложно, или с помощью компьютерных средств) и анализ полученных результатов. Студенты интерпретировали полученный математический ответ, то есть перевели его на язык исходной практической задачи.

Заметим, что при решении модели для рассматриваемой задачи студенты использовали различные компьютерные программы, онлайн-сервисы и приложения, как для получения решения, так и для визуализации модели. К таким приложениям в первую очередь относятся свободно распространяемые программные продукты (например, GeoGebra) и бесплатные онлайн-сервисы, например Desmos (www.desmos.com), GeoGebra Graphing Calculator (www.geogebra.org/graphing).

4. На четвертом, презентационном этапе бакалавры определились с форматом представления проекта и провели публичную защиту проекта – доклад с презентацией и демонстрацией проектного продукта, который был представлен как в виде макета упаковки, так и в виде чертежа для изготовления упаковки с указанными размерами и формулами. Во время презентации студенты не только рассказали о ходе работы и представили результаты, но и продемонстрировали собственные знания и опыт в решении проблемы проекта, приобретенные компетенции. Регламент защиты проекта и представления продукта, как правило, составляет 10–15 мин на выступление.

На этом этапе формируются навыки использования научного стиля в письменной и устной речи, развивается умение выбирать самое главное, коротко и ясно излагать свои мысли, отрабатывается техника публичных выступлений. Кроме того, студенты получают возможность максимально раскрыть свой творческий потенциал.

5. Пятый, заключительный этап проектной деятельности, – рефлексивно-оценочный. На этом этапе студенты обсудили проведение презентации, заданные вопросы и свои ответы на них, провели рефлексию своей деятельности и оценку собственных достижений.

На этом этапе студенты дали положительную оценку новому для них виду деятельности, продемонстрировали свою заинтересованность и высокую мотивацию изучения достаточно сложных профильных математических дисциплин, высказали свое желание продолжить выполнение учебных проектов по другим математическим дисциплинами.

Четвертый и пятый этапы выполнения проекта, собственно, не содержат математического моделирования. Поэтому можно сделать вывод, что математическое моделирование не может заменить проектную деятельность в учебном процессе при формировании определенных требованиями ФГОС ВО профессиональных компетенций бакалавров педагогического образования.

Заключение

Таким образом, организация проектной деятельности бакалавров с использованием математического моделирования способствует реализации прикладного и интеллектуального потенциала профильных математических дисциплин в учебном процессе, позволяет создавать образовательную среду, в которой студенты мотивированы на самостоятельный поиск и приобретение исследовательских умений (постановка проблемы, сбор и анализ информации, выдвижение гипотез, обобщение, прогнозирование). Выполнение проектов студентами также повышает мотивацию студентов к изучению профильных математических дисциплин, позволяет осознанно и динамично воспринимать новые знания, глубже и эффективнее изучать материал. Использование математического моделирования в проектной деятельности дает возможность применять математический аппарат для исследования различных процессов реальной жизни, осуществлять формализацию практических ситуаций в виде математических зависимостей и отношений, увидеть роль математики в будущей профессиональной

деятельности. Кроме того, учитывая требования ФГОС ВО, при выполнении таких проектов студенты развивают творческие способности, навыки групповой коммуникации, техники публичных выступлений, формируют навыки использования научного стиля в письменной и устной речи.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет» по договору о выполнении НИР от 26.04.2018 г. № 145Н, а также при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева» по договору о выполнении НИР от 04.06.2018 г. № 1/338.

Список литературы

1. Емельянова Н.В. Проектная деятельность студентов в учебном процессе // Высшее образование сегодня. 2011. № 3. С. 82–84.

2. Закирова Т.И. Проектная деятельность студентов как метод формирования компетенций студентов вузов // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5 [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id = 27080 (дата обращения: 01.07.2018).

3. Мартынова Е.В., Нигматулин Р.М., Севостьянова С.А. Формирование проектных умений бакалавров педагогического образования при изучении профильных математических дисциплин // Актуальные проблемы модернизации математического и естественно-научного образования: сб. науч. тр. по мат. Всерос. науч.-метод. конф. (г. Балашов, 17 мая 2018 г.). Саратов: Саратовский источник, 2018. С. 36–38.

4. Нигматулин Р.М., Вагина М.Ю., Шамаева Т.Н. Организация учебных проектов по профильным математическим дисциплинам для бакалавров педагогического образования // Информация и образование: границы коммуникаций. INFO'18: сб. науч. тр. (г. Горно-Алтайск, 5–8 июля 2018 г.). Горно-Алтайск: БИЦ ГАГУ, 2018. № 10 (18). С. 231–233.

5. Байгушева И.А., Ермилов Н.О. Организация проектной деятельности студентов как фактор повышения качества математической подготовки в вузе // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 10. С. 79–83

6. Грибкова Ю.В., Кашинцева О.А., Сарычева И.А. Метод проектов как средство повышения эффективности обучения математике в вузе // Вестник Череповецкого государственного университета. 2018. № 1 (82). С.115–121.

7. Севостьянова С.А., Нигматулин Р.М., Мартынова Е.В. Применение информационных технологий в организации проектной деятельности со студентами как фактор повышения качества профильной математической подготовки // CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование. 2018. № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://pmi.elsu.ru/journal.php (дата обращения: 01.07.2018).

8. Padmanabhan Seshaiyer. Leading undergraduate research projects in mathematical modeling. PRIMUS. 2017. no. 27 (4–5). P. 476–493.

9. Чиркова О.В. Математическое моделирование в профессионально ориентированном проекте по математике // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. 2013. № 4 (80). С. 162–167.

10. Пушкарева Т.П. Математическое моделирование как необходимый компонент математической подготовки // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id = 15184 (дата обращения: 01.07.2018).

11. Мартынова Е.В., Нигматулин Р.М. Геометрические приемы в реализации алгоритма генерации случайных точек внутри произвольных многоугольников и многогранников // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 1. С. 27–31.

12. Задорожная О.В. Основы проектной деятельности на занятиях по математическому анализу // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2016. № 3(39) [Электронный ресурс]. URL: http://www.scientific-notes.ru/pdf/044-020.pdf (дата обращения: 01.07.2018).

13. Задорожная О.В. Учебно-научный проект как способ углубления и расширения знаний по математическому анализу // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2017. № 1 (45). С. 160–166.

УДК 37.032:378

РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЛИЧНОСТНОГО ПОТЕНЦИАЛА СТУДЕНТОВ ВУЗА С ПОЗИЦИЙ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Суворова Е.В., Козько Н.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: mgtu@magtu.ru

В статье изучается проблема развития профессионально-личностного потенциала студентов как важнейшего компонента их профессиональной компетентности. Профессионально-личностный потенциал рассматривается как синергетическая система, обладающая такими характеристиками, как открытость к внешним воздействиям и способность к трансформации под влиянием внешней среды; нелинейность; неравновесность; неустойчивость; саморегуляция и саморазвитие, а его структура – как аттрактор, т.е. неустойчивое состояние, которое готово к трансформации, где одни компоненты будут доминировать над другими в силу более быстрого или более медленного развития и формирования. Изучается компонентная структура профессионально-личностного потенциала, представляющая собой систему способностей и склонностей к выбираемой специальности, потенции к развитию, т.е. целенаправленные мотивационные силы и намерения к развитию способностей, работающие вне зависимости от благоприятности или неблагоприятности окружающих обстоятельств с сохранением выбранного вектора деятельности, умения адаптироваться к изменяющимся условиям профессиональной среды с учетом успешности профессионального самоопределения. Достоверность теоретических выводов, касающихся компонентов структуры профессионально-личностного потенциала и критериев его развития у студентов вуза, оценивается на материале анкет студентов 1–2 курсов, принимавших участие в научно-практических конференциях. Участие в научно-практических конференциях рассматривается как один из способов развития их профессионально-личностного потенциала, способствующего их профессиональному росту. В качестве критериев оценки личностного роста анализируются такие стороны личности, как способность к саморазвитию, рефлексия и саморефлексия, креативность, коммуникабельность, способность к организации целенаправленной деятельности, работоспособность.

Ключевые слова: профессионально-личностный потенциал, структура профессионально-личностного потенциала, синергетический подход, оценка личностного роста, способы развития профессионально-личностного потенциала

THE DEVELOPMENT OF THE PROFESSIONAL PERSONAL POTENTIAL FROM THE PERSPECTIVES OF THE SYNERGETIC APPROACH

Suvorova E.V., Kozko N.A.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: mgtu@magtu.ru

The article discusses the problem of the development of students' professional personal potential as an important component of their professional competence. The professional personal potential is presented as a synergetic system that has such characteristics as the openness to the outer influence and the capability of transformation under the influence of the external environment, self-organization, self-development, non-linearity and non-equilibrium. The structure of the professional personal potential is described as an attractor, i.e. a fragile state that is ready to transform when some components dominate the others due to their quicker or slower development and formation. The component structure of the students' professional personal potential is studied, it is presented as a system of abilities and inclinations to the chosen profession, potentials to their development, i.e. determined motivational forces and intentions to develop the abilities and inclinations, that keep working whatever the circumstances might be, the capability to adopt to the changing conditions of the professional environment, regarding the success in the professional self-determination. The theoretical conclusions about the structure of the professional personal potential and the criteria of its development are verified by the material of questionnaires of the first and second year students, who took part in scientific and practical conferences. The participation of students in scientific and practical conferences, is viewed as one of the ways to develop their professional personal potential that contributes to their professional growth. The analised criteria of the personal growth are the capability of self-development, reflection and self-reflection, creativity, communicability, the capability to organize determined work, workability.

Keywords: professional personal potential, professional personal potential structure, synergetic approach, evaluation of the personal growth, the ways of development of professional personal potential

Согласно современным федеральным государственным образовательным стандартам основной задачей вуза становится подготовка выпускников (бакалавров, специалистов, магистров), обладающих заявленным набором компетенций. Компетенция при этом определяется как способность (готовность) к профессиональной деятельности с максимальным применением знаний, умений и навыков, а также развитием деловых качеств личности [1]. Формирование компетенций по отдельным модулям закладывается в основу формирования общей компетентности в избранной специальности. Это означает, что вуз призван выпустить готового специалиста в своей области, обладающего таким набором профессионально-личностных качеств,

который позволит ему эффективно взаимодействовать с другими специалистами в его области с целью достижения оптимального результата профессиональной деятельности. Однако в действительности, обладая достаточными знаниями в своей области, выпускник вуза не способен решать практические задача, которые ставит перед ним профессия. Данный антагонизм вызван несформированностью личностных качеств выпускника, его неготовностью использовать личностные ресурсы в достижении своих профессиональных целей. Таким образом, в основу педагогической деятельности вуза, под которой мы понимаем систему образовательных и воспитательных мер по подготовке высококвалифицированного специалиста, закладывается необходимость формирования профессионально-личностного потенциала будущего специалиста, как важнейшего компонента его конкурентноспособности и успешной реализации в профессии.

Цель исследования: изучение профессионально-личностного потенциала студентов вуза с позиций синергетического подхода, позволяющего определить его главные структурные компоненты и на их основе наметить основные пути развития и формирования, а также оценка достоверности теоретических выводов через анализ сравнительных данных, полученных при применении такого способа развития профессионально-личностного потенциала студентов, как участие в научно-практических конференциях.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования были использованы: метод анкетирования, выборочного наблюдения, а также методы статистической обработки полученных результатов. Материалом исследования послужили анкеты студентов 1–2 курсов, заполненные ими до и после участия в 75 и 76 Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования», а также внутривузовской научно-практической конференции «Студент и Наука». В анкетировании приняли участие 8 человек (2 студента второго курса и 6 студентов первого курса). Поскольку развитие и формирование профессионально-личностного потенциала фактически осуществляется в течение продолжительного периода времени, затрагивая старшие классы (в процессе профориентации) и время учебы в вузе, разница между студентами в один год не играла значительной роли в оценке результатов. Количество участвующих в эксперименте (8 человек) было ограничено форматом проводимых конференций, поэтому эксперимент носил ограниченный, узконаправленный характер. Его целью стала оценка достоверности теоретических выводов, касающихся компонентов структуры профессионально-личностного потенциала и влияющих на выбор практических путей его развития, а также отбор и анализ основных критериев развития профессионально-личностного потенциала, позволивших оценить изменения в его развитии и формировании до и после участия студентов в научно-практических конференциях.

Результаты исследования и их обсуждение

Конъюнктура образовательного рынка указывает на крайнюю востребованность в специалистах, способных самостоятельно ставить перед собой карьерные цели и достигать их в ходе профессионального роста, поэтому ключевым показателем воспитательной работы вуза становится выпуск специалистов, обладающих развитым профессионально-личностным потенциалом. Развитие взглядов на феномен профессионально-личностного потенциала началось с понимания того, что такое личностный потенциал в целом. В современной научной литературе довольно часто встречается понятие личностный потенциал, что говорит о сформированности общих подходов к его пониманию. Личностный потенциал раскрывается через идею готовности и способности к самостоятельному созданию необходимых условий для реализации задуманных решений; как система свойств, составляющих основу личностного и профессионально-личностного развития человека и обеспечивающих соответствующий уровень достижений в профессиональной подготовке, последующей деятельности и развитии собственной личности» [2]; как потенциал саморегуляции и как интегральная характеристика уровня личностной зрелости, отражающая «меру преодоления личностью заданных обстоятельств, в конечном счете преодоления личностью самой себя» [3, с. 7]. Очевидно, что в основу рассматриваемых выше определений заложен общий фундамент – личностные ресурсы (физические, интеллектуальные, духовные, когнитивные, творческие и т.п.), которыми индивид может воспользоваться для достижения реальных целей и задач в важной для него сфере деятельности, исходя из устойчивых внутренних ориентиров, ценностей, мотиваций.

Однако дальнейшее развитие взглядов на эту проблему в сторону понимания того, что такое профессионально-личностный потенциал, остановилось на многочисленных исследованиях профессионально-личностного потенциала педагога и почти полном отсутствии работ, посвященных поиску путей развития профессионально-личностного потенциала будущего специалиста в целом. В частности, рассматривая профессиональный потенциал педагога,

И.П. Подласый характеризует его как «базу профессиональных знаний и умений в единстве с развитой способностью педагога активно мыслить, творить, действовать, воплощать свои намерения в жизнь, достигать запроектированных результатов» [4, с. 156]. В свою очередь И.В. Васютенкова считает, что под профессионально-личностным потенциалом педагога следует понимать «специфичное интегративное личностное образование, предполагающее наличие мотивационно-ценностного отношения к профессиональной деятельности педагога, выраженность профессионально важных качеств личности педагога, владение комплексом компетенций, обеспечивающих инновационный характер педагогической деятельности как результат его личностной самореализации» [5, с. 142]. Опираясь в первую очередь на понимание того, что такое личностный потенциал, и ограничивая это разноплановое понятие рамками профессионального развития, отметим, что профессионально-личностный потенциал будущего специалиста – это не просто набор профессиональных знаний или компетенций, дополненный мотивационно-ценностным отношением к будущей профессии, но определенная синергетическая система задатков и способностей к выбранной специальности, а также мотивационная сила, направленная на их развитие. Основными характерными чертами такой системы являются: 1) открытость к внешним воздействиям и способность к трансформации под влиянием внешней среды; 2) нелинейность, предполагающая наличие множества путей развития и способов ответных реакций на воздействия извне; 3) неравновесность, при которой одни качества могут преобладать над другими, задавая тон общему формированию личности; 4) чувствительность к случайным воздействиям извне; 5) саморегуляция и саморазвитие [6]. Открытость и способность к трансформации наделяет профессионально-личностный потенциал чувствительностью к внешним воздействиям, нелинейность позволяет дифференцировать педагогические методы и подходы в зависимости от индивидуально-личностных особенностей обучающихся, неравновесность и неустойчивость – сделать акцент на формировании наиболее ярко проявляющихся способностей, а саморегуляция и саморазвитие дает возможность сохранять эволюционный темп развития. Важным условием развития профессионально-личностного потенциала является развитие умений адаптироваться к внешним условиям, сохраняя при этом целенаправленность в достижении целей, либо способность к частичной трансформации поставленных задач с учетом изменения внешних условий жизнедеятельности.

Синергетический подход к профессионально-личностному потенциалу требует поиска таких путей развития, которые учитывали бы возможность системного развития всех его структурных компонентов. Рассматривая структуру профессионально-личностного потенциала, И.П. Подласый выделяет в ней такие компоненты, как приобретенные и естественные способности к занятиям педагогической деятельностью, положительное отношение к профессиональной деятельности педагога, возможность выполнять свой труд на уровне требований, налагаемых педагогической профессией, в сочетании с индивидуальным пониманием сущности педагогического процесса, концентрирование приобретенных качеств, т.е. система приобретенных в процессе подготовки знаний, умений, навыков, способов мышления и деятельности [4, с. 157]. А.М. Боднар характеризует профессионально-личностный потенциал педагога как совокупность объединенных в систему естественных (психофизиологических) и приобретенных (социальных) качеств, определяющих способность педагога выполнять свои обязанности на заданном уровне. При этом совокупность компонентов социальной составляющей, которая исторически меняется в зависимости от представлений о том, каким должен быть учитель, включает: способности, профессионально важные качества, педагогический опыт, педагогическую мотивацию, педагогическую направленность личности [7]. Обращение к структурному описанию личностного потенциала позволяет выделить в его составе три группы дополняющих друг друга переменных: 1) те, которые связаны с успешностью самоопределения в пространстве возможностей и выбора цели для последующей реализации; 2) те, которые связаны с организацией целенаправленной деятельности, 3) те, которые связаны с сохранением устойчивости и цельности на фоне неблагоприятных и враждебных обстоятельств [3]. Изучаемый материал тесно перекликался с исследованиями одаренной личности, проводимыми Дж. Рензулли, который делал акцент на трех важнейших характеристиках личностного потенциала: доминирующей мотивации, интеллекте (способностях) и креативности [8].

Представленные взгляды на структуру личностного и профессионально-личностного потенциалов кажутся далекими друг от друга, и тем не менее они тесно взаимосвязаны и дополняют друг друга. Итак,

в качестве ключевых моментов, выделяемых в структуре личностного и профессионально-личностного потенциала, можно назвать приобретенные и естественные способности к занятиям педагогической деятельностью, положительное отношение к профессиональной деятельности, систему приобретенных в процессе подготовки профессионально-личностных качеств, знаний, умений и навыков, педагогический опыт и мотивацию, успешность самоопределения, организацию целенаправленной деятельности, устойчивость и цельность на фоне неблагоприятных и враждебных обстоятельств. Таким образом, в структуру профессионально-личностного потенциала закладываются такие составляющие, как способности и склонности к выбираемой специальности, а также целенаправленные мотивационные силы и намерения к их развитию вне зависимости от благоприятности или неблагоприятности окружающих обстоятельств, умение адаптироваться к изменяющимся условиям профессиональной среды с учетом успешности профессионального самоопределения. Учитывая синергетический характер профессионально-личностного потенциала, система его компонентов является аттрактором, т.е. таким состоянием, которое имеет множество вариантов для трансформации, где одни компоненты будут доминировать над другими в силу более быстрого или более медленного развития и формирования. В свою очередь, говоря о компонентах профессионально-личностного потенциала, необходимо отметить их двустороннюю природу. С одной стороны, это способности и склонности к выбираемой специальности, которые требуют дальнейшего развития. С другой стороны, это целенаправленные мотивационные силы и намерения к их развитию или потенции, от которых зависит, будут данные задатки развиты или нет. И в этом случае необходимо говорить уже о способности индивида к саморегуляции, самоопределению, сохранению (поддержанию) стабильности развития имеющихся задатков и способностей. Впервые понятия *actus* и *potentia* (действительность и возможность) были использованы Аристотелем для обозначения актуальности, действительности предмета или акта в отличие от его потенции, потенциальной возможности бытия. В современной научной литературе под потенциями понимают «возможности, обладающие силой на свое осуществление» [9, с. 151], внутренне присущие силы и способности к действию, жизнеспособность, работоспособность и т.д. В данной работе понятия потенция и потенциал разграничиваются намеренно, а потенции рассматриваются как часть потенциала, т.е. энергия, силы, возможности последовательного развития индивидуальных профессионально-личностных ресурсов, которая в конечном итоге должна приобрести самодетерминированный характер. В качестве важного компонента профессионально-личностного потенциала следует считать способность эффективного взаимодействия с окружающими людьми: способность эффективно действовать в системе межличностных отношений, умение адаптироваться к изменяющимся условиям, правильно определять личностные особенности и эмоциональные состояния других людей, выбирать правильные стратегии общения, реализуя их в процессе взаимодействия, умение работать в команде. Как показывают исследования, дети и взрослые, не демонстрирующие высокие интеллектуальные способности, но проявляющие хорошие умения социализироваться в обществе, оказываются довольно успешными в профессии. Подводя итог вышесказанному, отметим ключевые моменты, характеризующие профессионально-личностный потенциал:

− Это синергетическая система, обладающая такими характеристиками, как открытость к внешним воздействиям и способность к трансформации под влиянием внешней среды; нелинейность; неравновесность; неустойчивость; саморегуляция и саморазвитие.

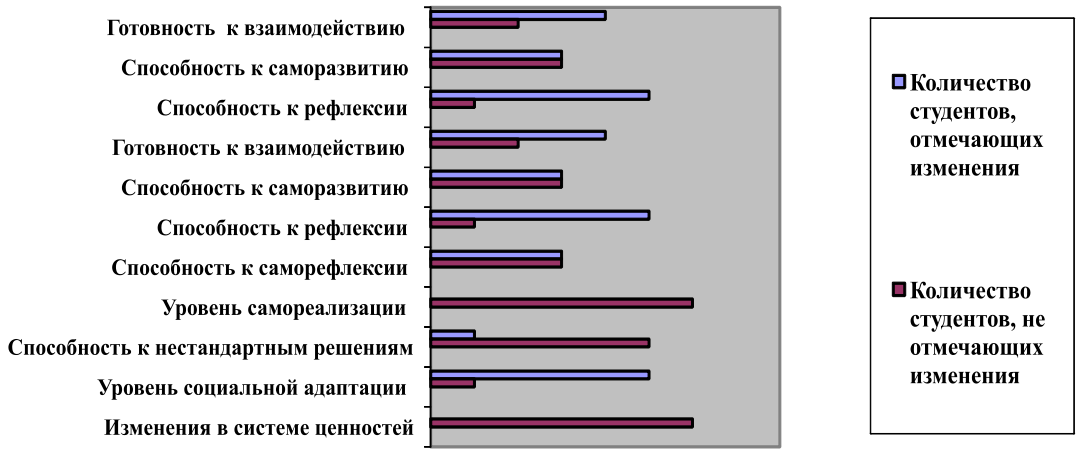
− Структура профессионально-личностного потенциала представляет собой аттрактор, т.е. неустойчивое состояние, которое готово к трансформации, где одни компоненты будут доминировать над другими в силу более быстрого или более медленного развития и формирования. Следовательно, основой формирования профессионально-личностного потенциала становится максимально полное развитие всех его компонентов.

− Структура профессионально-личностного потенциала представляет собой систему способностей и склонностей к выбираемой специальности, потенций к их развитию, т.е. целенаправленных мотивационных сил и намерений к их развитию, работающих вне зависимости от окружающих обстоятельств с сохранением выбранного вектора деятельности, умений адаптироваться к изменяющимся условиям профессиональной среды с учетом успешности профессионального самоопределения.

− Важнейшим в развитии профессионально-личностного потенциала является раскрытие способности к эффективной социальной адаптации, умение работать в команде.

Изменения в росте профессионально-личностного потенциала студентов 1–2 курсов ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Личностное качество	Количество студентов, отмечающих изменения	Количество студентов, не отмечающих изменения
готовность к взаимодействию	4	2
способность к саморазвитию	3	3
способность к рефлексии	5	1
способность к саморефлексии	3	3
уровень самореализации	____	6
способности к нестандартным решениям	1	5
уровень социальной адаптации	5	1
изменения в системе ценностей	____	6



Изменения в росте профессионально-личностного потенциала студентов 1–2 курсов ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Рассматривая возможные пути развития профессионально-личностного потенциала студентов, в том числе узкие исследования творческого (В.П. Грахов, Ю.Г. Кислякова, У.Ф. Симакова), коммуникативного (Ю.А. Савинова) и профессионального потенциалов, мы пришли к выводу, что одним из наиболее эффективных способов развития личностного потенциала студентов будет их участие в научно-практических студенческих конференциях, что позволит им повысить свой интеллектуальный уровень, разовьет умение держать контакт с аудиторией, усилит мотивацию к профессиональному росту, заложит правильные ценностные установки. Таким образом, акцент был сделан и на развитии задатков и склонностей студентов, и на усилении потенций в структуре их личности. Изменения в развитии профессионально-личностного потенциала студентов определялись по изменению их личностных качеств: готовности к взаимодействию, способности к саморазвитию, уровню самореализации, способности к рефлексии (эмотивной оценке других людей) и саморефлексии (оценке самого себя), способности к нестандартным решениям, уровню социальной адаптации, изменению в системе ценностей. Данные качества были выбраны исходя из логики исследований Дж. Рензулли, а также важности умений эффективно взаимодействовать с окружающими людьми. Изменения фиксировались эмпирическим путем через анкетирование, в основе которого была оценка студентами своих личностных качеств до и после участия в конференциях. Поскольку только небольшое количество студентов участвовали в конференциях (8 человек), проводимое исследование было узконаправленным, а его результаты носили прогностический характер.

Заключение

Результаты эксперимента показали следующее: два студента из восьми указали на отсутствие изменений в их личностных качествах. Такой показатель был прогнозируемым, так как в эксперименте участвовали в основном успешные студенты, имеющие

высокую академическую успеваемость. Их личностные качества были довольно хорошо сформированы, и это отразилось на полученных результатах. Результаты остальных шести студентов представлены в таблице изменений роста личностного потенциала. В ходе анализа полученных результатов мы отметили, что разница в год между студентами первого и второго курсов не оказала значительного влияния на полученные результаты, поскольку процесс развития профессионально-личностного потенциала имеет продолжительный характер. Тем не менее даже с учетом длительного характера развития профессионально-личностного потенциала, анализ результатов привлечения студентов к научно-исследовательской работе и участию в научных конференциях показал положительные изменения в развитии их личностных качеств, что указывало на прогрессирующее развитие их профессионально-личностного потенциала. В таблице представлены оценки студентами изменений в своих личностных качествах после участия в научно-практических конференциях.

Для наглядности данные таблицы представлены в виде диаграммы, на которой показаны личностные качества и их усиление в связи с участием в научно-практических конференциях.

Комментируя полученные результаты, скажем, что студенты не отметили изменений в уровне самореализации и системе ценностей. Возможно, что такие показатели вызваны указанной выше причиной (студенты уже имели сформированную систему общечеловеческих ценностей). Значительные изменения наблюдались в готовности к взаимодействию, способности к рефлексии (эмотивной оценке других людей), уровне социальной адаптации, что говорит о том, что участие в конференциях оказалось хорошим опытом взаимодействия с другими людьми. Изменения были частичными в показателях способности к саморазвитию и саморефлексии (способности оценить себя, свои достижения). Видимо, для изменения этих личностных качеств требуется более глубокая педагогическая работа. Анализируя результаты эксперимента, скажем, что участие студентов в научно-практических конференциях может быть эффективным, но не единственным способом развития профессионально-личностного потенциала. Требуется поиск новых эффективных способов влияния на личностный рост будущего специалиста.

Список литературы

1. ФГОС ВПО по направлению подготовки «Физическая культура и спорт». URL: www.edu.ru/db/portal/spe/fgos/pr_fgos_2009_pv_33b.pdf (дата обращения 20.07.2018)

2. Savinova Yu.A. Zarutskaya Zh.N., Arakcheeva Z.V. Holding student scientific practical conferences in foreign languages as a means to develop foreign language communicative potential // Мир науки, культуры, образования. 2018. № 2 (69). С. 195–197.

3. Личностный потенциал: структура и диагностика. М.: Смысл, 2013. 679 с.

4. Подласый И.П. Педагогика в 2 т. Т.1.Теоретическая педагогика: учебник и практикум для академического бакалавриата. 2-е изд., доп. М.: Издательство Юрайт, 2016. 404 с.

5. Васютенкова И.В. Развитие профессионально-личностного потенциала педагога в системе постдипломного образования в современных социокультурных условиях // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2015. № 174. С.141–148.

6. Суворова Е.В., Ахметзянова Т.Л., Потрикеева Е.С. Комплекс организационно-педагогических условий как основа коррекции негативных тенденций в развитии личности подростков // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 3 [Электронный ресурс]. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 20.06.2018).

7. Боднар А.М. Педагогический потенциал учителя (личностно-гуманистический аспект): автореф. дис. … канд. пед. наук. Екатеринбург, 1993. 13 с.

8. Renzulli J.S., Reis S.M. The three-ring conception of giftedness. In S.M. Reis (Ed.) Reflections on gifted education. Waco, TX.: Prufrock Press, 2016. P. 55–86.

9. Мамардашвилли М.К. Как я понимаю философию. М.: Прогресс, 1992. 29 с.

УДК 378:37.013

ИННОВАЦИОННАЯ ПЕДАГОГИКА – ОСНОВА ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ЭФФЕКТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Червякова Л.Д., Пономаренко Е.Б.

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, e-mail: ldch39@mail.ru, ponomar_elena@mail.ru

В статье рассматриваются условия для реализации социальной функции образования и формирования ценностных социальных ориентиров с помощью внедрения инноваций в учебный процесс. Предмет экспериментального исследования – анализ приоритетных направлений: в исследованиях роли социологии в управлении сферой образования, в создании функциональной модели образования как социального института; в области определения социально-педагогических, психолого-педагогических критериев инновационных процессов, а также роли информационных технологий в непрерывном образовании. Для теоретико-практического эксперимента были выбраны объектный и процессный подходы к анализу инноваций, уровневые и педагогические критерии классификаций инновационных процессов. Эксперимент строился на проблемно-методологической модели обучения в контексте модели готовности личности к инновационной деятельности и непрерывному образованию на базе сервиса web-2.0. В результате проведённого эксперимента была подтверждена особая специфика социального сервиса «вики» как интерактивной образовательной среды и её методологических принципов организации учебного процесса: интегративность, интерактивность, коммуникативность, ситуативность, автономность, рефлексия, информатизация и духовная ориентация в присвоении социального опыта. Кроме того, эксперимент подчеркнул главную институциональную роль образования: активное участие в непрерывном воспроизводстве богатства общества – человеческого потенциала – для сохранения целостности общества в качестве социальной системы.

Ключевые слова: функция образования, инновационные процессы, интерактивность, ситуативность, автономность, рефлексия, непрерывное образование

INNOVATIVE PEDAGOGY – IS THE BASIS FOR LIFE-LONG EDUCATION

Chervyakova L.D., Ponomarenko E.B.

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: ldch39@mail.ru, ponomar_elena@mail.ru

Recent conceptual and methodological change in teaching and learning has brought to light the issue of functions of education for society: an institutional perspective, the interaction theory, the concept of self-fulfilling prophecy. The subject of the experiment is the analysis of related to education researches of priority: educational innovation; innovating pedagogy; socio-pedagogical, psychological, psycho-pedagogical criteria for innovation classification; methodological and digital technological tools for effective implementation of advanced teaching experience into practice. The experiment was based on the object and the process approaches to the classification of innovations, on the level and pedagogic criteria for their description and on the project-based method of teaching. The conducted research of the concept of pedagogic innovation as a kind of pedagogic activities was directed to test and implement the achievements of pedagogy as a science, technology and exemplary pedagogic experience to design experimental innovating environment. The implementation of up-to-date digital technologies as a key objective of the innovating pedagogy, of the web 2.0 communication promoted shaping a cooperative learning environment with the assistance of the social wiki– source. Constructing creative environment provided molding of crucial skills required to become proficient learners: communication, teamwork, understanding the nature of knowledge, assessing the validity of partners' claims and arguments, awareness of complexity and diversity of knowledge, developing reliable scientific method, empathy with others, risk and daring. The findings provoked visible shifts in educational practice; helped to explore new forms of teaching, learning and assessment; contributed to the personal growth; resulted in identity change and increased self-understanding; motivated students for life-long and life-wide learning.

Keywords: pedagogic innovation, innovating pedagogy, institutional perspective, the interaction theory, project-based method of teaching, social wiki– source, identity change, life-long learning

Определение приоритетов в развитии науки и технологий в настоящее время всё чаще связано с открытыми инновациями поскольку они меняют внутренние процессы управления научно-исследовательской работой в сторону их открытости, объединения усилий ряда университетов, лабораторий, компаний, потребителей, консорциумов.

В качестве основных критериев оценки перспективных проектов за основу берутся актуальность, степень научной новизны исследования, научная значимость предполагаемых результатов исследования и реальная возможность практического использования полученных или предполагаемых результатов научного поиска в экономике и социальной сфере [1, с. 20] Программа Европейского союза по научным исследованиям и инновациям на 2014–2020 гг. «Горизонт 2020» с бюджетом 80 млрд. евро объединяет участников инновационной сети, отводя активную роль в этом направлении вузам и содействуя их деятельности [2, с. 16].

Необходимость перехода России на путь инновационного развития и приоритетные

направления в развитии технологий в вузе определены в ряде документов: в решении коллегии Госкомвуза РФ «О технологиях обучения в высшей школе», в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», в Государственной программе «Развитие науки и технологий на 2012–2020 годы», в Законе РФ «Об образовании в РФ», в Постановлении Правительства РФ от 07.04. 2018 № 421 «Об утверждении Правил разработки и корректировки Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации и Правил мониторинга реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», в Проекте Федерального закона «О научной, научно-технической и инновационной деятельности в Российской Федерации», в обновленной версии проекта закона Минобрнауки России о научной деятельности в РФ [3].

Инновации в сфере образования – все, что связано с внедрением в практику передового педагогического опыта, это – система из целей обучения, содержания образования, мотивации, средств преподавания, участников образовательного процесса и результатов деятельности.

Происходящие на рынке современного высшего образования процессы развиваются главным образом в трёх направлениях:

− стратегический менеджмент качества высшего образования;

− повышение спроса со стороны государства и бизнеса на высшее образование;

− смены структурной парадигмы системы высшего образования в ответ на социальные вызовы.

Социальная составляющая эффективности образования ориентирована на максимальное использование образования как фактора социального развития общества.

Социологи в основном следуют определению образования как целенаправленной социализации. Среди функций образования (интегрирующей, дифференцирующей, структурирующей и социокультурной) особое место отводится социальной функции внедрения инноваций в образовательный процесс. Определение функций образования – первостепенная задача социологии образования в предметном поле, его главная институциональная роль отведена поддержанию целостности общества как социальной системы в процессе ее воспроизводства. Смысл обращения к функциям образования заключается в определении сферы институциональной ответственности образования, рациональном устройстве его организационной структуры на всех уровнях [4].

Цель данной работы: проанализировать результаты исследований мирового уровня в социальной сфере, образовании, инновационной педагогике, психологии, интернет-технологиях; определить возможности практического использования особенностей характеристик инновационных процессов, педагогических, психологических и социально-психологических основ построения процесса образования для организации непрерывного образования с мотивацией выпускников вуза к постоянному росту собственной интеллектуальности через проектную учебную деятельность на примере преобразования результатов своего исследования в вики-страницы, – подтвердить утверждение о том, что основная задача такой организации процесса образования заключается в подготовке социально настроенного специалиста.

Материалы и методы исследования

Массовое общественное социально-педагогическое движение, широкий интерес к понятиям «новация», «инновация», «новатор», «инноватор», «инновационный процесс», откликаясь на требования социокультурной реальности, способствовали изменению педагогической деятельности, её средств, технологий, целевых установок и ценностных ориентиров. В связи с этим появилось много определений вышеупомянутых терминов.

В одной из своих работ за 2018 г. исследователь С.В. Иванилова классифицирует их в зависимости от конкретных научных целей по основным подходам к пониманию сути термина как [5]:

– объектный;
– процессный;
– объектно-утилитарный;
– процессно-утилитарный;
– финансово-инвестиционный.

Другой обстоятельный анализ классификаций инноваций и их специфики предлагает В.А. Иванов: он анализирует 22 существующих определения термина «инновация», критически рассматривает классификации А.И. Пригожина (5 принципов), П.Н. Завлина (12 признаков), Д.М. Степаненко (38 критериев), но в итоге подчёркивает, что распространены в основном три точки зрения:

– инновация отождествляется с новшеством;

– инновация рассматривается как процесс создания новой продукции или технологии в сфере организации и управления производством;

– инновация характеризуется как процесс внедрения в производство новых, качественно отличных от предыдущих изделий или технологий [6].

Для описываемого эксперимента важен сам факт существования такого внимания к этому вопросу, описание сущности каждого элемента вышеперечисленных классификаций не входит в задачу данной статьи. Для данной работы важен вопрос, как и какие инновации влияют на формирование целевых установок и ценностных социальных ориентиров, поэтому для обоснования теоретического подхода к эксперименту и для его эффективного проведения были выбраны объектный и процессный

подходы: объектный подход – как результат научно-технического прогресса, процессный подход – как комплексный процесс из трёх этапов: разработки новой технологии или организационной формы, их внедрения и коммерциализации.

Формирование целевых установок и ценностных социальных ориентиров требует анализа педагогических инноваций, одобрения общества, наличия социального заказа, так как именно он способствует интенсификации инновационных процессов в педагогике.

В научно-педагогических исследованиях обсуждают несколько классификаций инновационных процессов [6,7]:

● по типам: по целеполаганию в области образования и по типу новшества, особенностям инновационного процесса;

● по структуре:

– компонентные: трёхкомпонентные (три блока в структуре инновационных процессов в системе образования); многокомпонентные, полиструктурные (7 структур);

– уровневые: на микроуровне индивидуального новшества; на макроуровне (взаимодействие нововведений); многоуровневые – (четырёхуровневые) адаптивный, репродуктивный, эвристический и креативный уровни;

● по педагогическим критериям:

– цель новшества – совершенствовать теорию и практику обучения и воспитания;

– организационно-педагогическая модель реализации реальных инновационных образовательных процессов.

Для проведения описываемого в данной статье экспериментального исследования в качестве основных критериев использовались уровневые и педагогические критерии, которые шире используются и больше зависят от личностных качеств новаторов**.**

Теоретическую базу для проведения данного эксперимента составили не только вышеперечисленные исследования, неоценимый вклад в описание анализируемого эксперимента внесли теоретические работы, исследующие [6–9]:

− концепции формирования информационной образовательной среды (С.В. Бондаренко, В.А. Плешаков, В.А. Ясвин);

− социальную компетентность как основу способности личности к самореализации (Б.Г. Ананьев, Л.А. Баранова, А.И. Савенков и др.);

− систему формирования профессиональной компетенции (М.Д. Ильязова);

− систему непрерывного образования (А.А. Вербицкий, Н.А. Рыбакина, Д.К. Каменова);

− проблему проектирования образовательных систем (Н.Г. Алексеев, Г.Л. Ильин, В.Д. Шадриков и др);

− основы организации интерактивного обучения на базе технологии вики (М.О. Ильяхов, Ю.Ю. Маркова, Д.О. Сидоров);

− инновационный образовательный процесс как основу педагогической интеграции (Б.К. Джабатырова, М.Ш. Даурова);

− нововведения в области образования в работах отечественных педагогов и психологов: (О.Г. Юсуфбекова, О.И. Истрофилова, И.И. Торбина, Г.Л. Ильин и др.);

− широко распространённая в отечественной педагогической науке классификация педагогических технологий (Г.К. Селевко).

Теоретико-практическая направленность проведённого эксперимента определила выбор **методов описания** экспериментального опыта: методы теоретического осмысления действительности: анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия и др.; эмпирические методы: наблюдения, педагогический эксперимент; анализ продуктов учебной деятельности – «вики-страниц», созданных студентами; методы системного и семиотического подхода к процессу инновационного обучения.

В качестве экспериментальной базы исследования служила кафедра иностранных языков филологического факультета Российского университета дружбы народов – РУДН, работа проводилась со студентами-лингвистами – магистрами 1-го курса.

Анализ характеристик инновационных процессов позволил выдвинуть предположение о том, что инновационные технологии успешно выполняют свою результативную функцию в обучении при соблюдении определённого алгоритма действий: постановки проблемы; выявлении противоречий; определении личностных смыслов; творческой переработки и переосмысления личного опыта; рефлексии.

Результаты исследования и их обсуждение

В научной педагогической литературе описаны четыре вида инновационной деятельности: 1) локальная, 2) модульная 3) системная и 4) проектирование образовательных систем на основе определённой концепции образования (В.С. Лазарев), которые в более поздних работах по педагогическим инновациям были дополнены (Г.Н. Ильин): была выдвинута идея рассматривать инновации на уровне методологии образовательных процессов с учётом основных проблем во всех сферах образования: появления непрерывного образования, смены педагогической парадигмы, повышения качества образования, внедрения новых педагогических технологий [9]. В контексте перечисленных проблем акцент в эксперименте был сделан на проблемно-методологическую модель обучения.

Поскольку образование перестало быть объектом исключительно педагогики и превратилось в социальную активность обучаемого, оно требует как педагогического, так и социально-психологического изучения: взаимоотношения педагогики с психологией и социологией в решении педагогических проблем; социально-психологического содержания образовательной инновационной деятельности; определения психологических качеств у человека, ориентированного на инновационную деятельность. Интерес представляет психолого-педагогическая модель готовности выпускника вуза к инновационной деятель-ности, предложенная А.З. Воцким: проанализировав результаты исследований С.Р. Яголковского, Н.В. Сербиновской, В.Д. Шадрикова и Ю.А. Карпо-

вой в этой области, он представил свою точку зрения и одновременно уточнил:

− двустороннюю инновационную компетенцию как способность продуцировать новые идеи (креативность), дорабатывать их, развивать и внедрять в практику;

− качества личности, нацеленной на инновационное поведение: восприятие, принятие, освоение и использование оригинальных и творческих идей;

− особенности, лежащие в основе успешной деятельности инновационной личности, среди которых особенно важны аспекты интеллекта и креативности, ценностные ориентации, способность принимать самостоятельные решения;

− способность к творчеству как доминирующую компетенцию генерировать всё новое [10].

В новых условиях экономической и социальной деятельности соответствие идеалов личности её готовности к инновационной деятельности вызвало смену целей образования с акцентом на глубокое освоение конкретных специализированных знаний в сочетании с широким общекультурным образованием, то есть на фундамент непрерывного образования – реальность современной социальной системы.

Непрерывность образования в педагогике исследуется во всех звеньях образовательной системы и трактуется в результатах научных исследований по-разному [11]:

– как развитие социальных и креативных возможностей человека через освоение новых профессиональных знаний;

– как постоянно развивающуюся систему государственных, общественных и частных институтов;

– как социально-педагогический принцип построения современной системы образования;

– как необходимое условие социального прогресса за счёт инновационных творческих процессов в течение всего жизненного цикла.

Главная идея непрерывного образования – направить познавательную деятельность субъекта познавательной деятельности из прошлого знания и опыта в будущую профессиональную деятельность. Практически это – переход к практико-ориентированному непрерывному образованию на всех его уровнях без утраты основ фундаментального образования, осуществляемый на практике с позиции шести подходов, как [12]:

− отождествление с непрерывным обучением в учебной аудитории в течение всей жизни;

− дополнение базовых структур образования дополнительным образованием;

− обеспечение преемственности содержания дошкольного, школьного, вузовского и дополнительного профессионального образования;

− адаптация образовательных программ к нуждам быстро меняющихся технологий производства, (возможно во вред фундаментальному образованию);

− разграничение между системой непрерывного образования и процессом непрерывного образования личности;

− компетентность – как инвариант непрерывного образования.

Опыт создания инварианта компетентности ранее был описан в исследовании М.Д. Ильязовой, но не в контексте непрерывного образования; фактически были прописаны качества личности специалиста с пятью компетенциями: ценностно смысловой, мотивационной, инструментальной (знания, умения, навыки), индивидуально-психологической и конативной (способность к саморегуляции своей деятельности [13].

Несмотря на расхождения в трактовках сущности непрерывного образования цель непрерывного образования во всех работах красной чертой проходит одна и та же: формирование социокультурной компетенции для профессиональной деятельности; непрерывное образование – атрибут инновационной педагогики.

Большое количество научных работ по инновационной педагогике, рассматривающих перспективы использования педагогических нововведений в образовании и формировании социокультурной компетенции на основе различных социальных сервисов и служб сети Интернет нового поколения, информационно-компьютерных технологий свидетельствует о её актуальности (Л.К. Раицкая, М.О. Ильяхов, Д.О. Королева, Е.Д. Кошеляева, Ю.Ю. Маркова, А.В. Самарская, Д.О. Свиридов и др.). Для данного эксперимента была использована одна их современных интернет-технологий Веб 2.0 – «вики-технология» на основе [14, 15]:

− учёта выявленных уровневых и педагогических критериев;

− проблемно-методологической модели обучения в контексте непрерывного образования;

− главной идеи непрерывного образования;

− определённого алгоритма действий: постановки проблемы – определения личностных смыслов – творческой переработки и переосмысления личного опыта – рефлексии;

− реальных возможностей проектного метода обучения;

«Вики-технология» была выбрана по своим отличительным признакам: публич-

ному доступу к проекту, её нелинейности – отсутствию необходимости хронологии в работе, доступу к истории создания проекта, мультимедийности, гипертекстовой структуре и условиям для развития социокультурных умений студентов.

В основу описываемого эксперимента был положен проектный метод для исследования проблемы развития эквивалентности перевода в западноевропейской школе студентами-магистрами 1 курса. Организация проекта строилась на организационно-содержательном методическом подходе, включающем:

– принципы: коммуникативности, автономии, интерактивности и информатизации обучения;

– организационные формы: очную и дистантную формы обучения;

– методы обучения и средства обучения: информационно-рецептивные, коммуникативные, интерактивные методы и метод проектов [16].

Работа с проектом осуществлялась по определённому алгоритму:

– знакомство с формализацией требований к проекту;

– подготовительный этап (ознакомление с целью «вики-проекта», с правилами размещения информации на «вики-странице», показательное занятие), создание домашней страницы для дальнейшей работы;

– процессуальный этап (деление на группы, определение частей общей темы для исследования, мозговой штурм, поиск и подбор материала, написание и размещение в интернете первой версии «вики-документа», обсуждение, корректировка, публикация и презентация итогового документа);

– оценочный (оцениваются содержание, структура «вики-документа», лексические, грамматические, стилистические, особенности, рефлексивные навыки) (рис. 1).

Непременным условием проекта была формализация регламента, сроков работ, шаблона плана работ, основных этапов проектной деятельности и сроков выполнения каждого этапа.

Формализацию требований часто критикуют как нежелательную, однако формализация требований к результатам проекта способствует устранению психологического эффекта боязни незнакомого, страха и неуверенности перед началом работы благодаря наличию инструкций, алгоритмов деятельности, наличию базовых шаблонов, примеров и требований к работе, которые ни в коей мере не ограничивают творческую деятельность студентов.

Успех будущего «вики-проекта» зависел от начального этапа, в котором была прописана роль преподавателя:

– создание возможностей для обучения, обеспечение доступа к информации;

– поддержка обучения в виде регулирования сложных заданий;

– помощь студентам в исследовании и использовании когнитивных процессов;

– оценка прогресса, предотвращение проблем, предоставление обратной связи и оценка работы в целом.

Создание возможностей для обучения заключалось в ознакомлении студентов с инструментами совместной работы через интернет:

– системой управления проектом,

– системой совместной работы над документами,

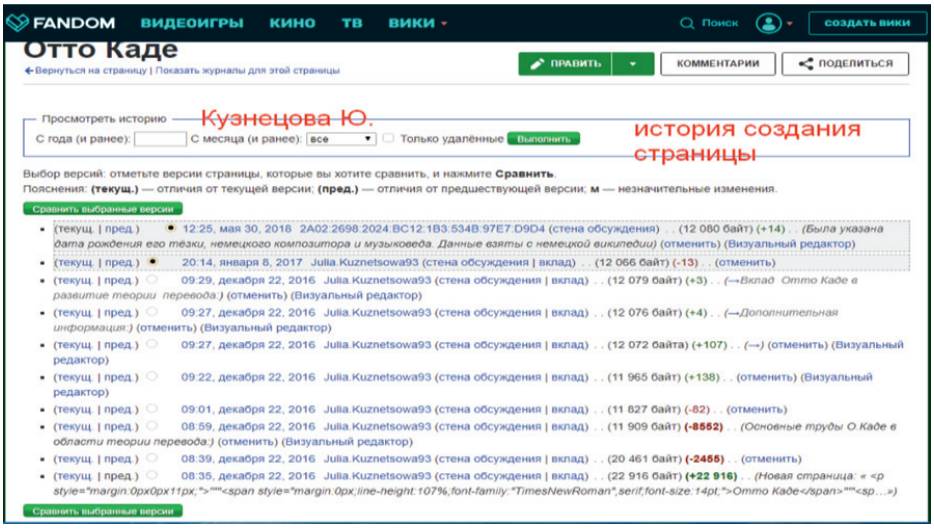


Рис. 1. История создания «вики-страницы» студенткой 1 курса магистратуры в течение декабря 2016 г.

– системой взаимодействия на базе списков, подборок, коллекций и заметок,

– системами публикации в интернете, что под силу только цифровому и сетевому поколению, для которого интернет-технологии – норма жизни.

Выводы

Создание учебного «вики-проекта», как педагогической и методической инновации, в рамках курса теории перевода способствовало развитию социокультурной компетенции, способствовало увеличению объема учебного материала, использованию более сложных итоговых презентаций, повышению интенсивности, творчества и развитию общепрофессиональных и социальных компетенций.

Использование «вики-технологии» в организации самостоятельной исследовательской работы с использованием инструментов интегрированного «вики-сайта» способствовало:

1) развитию умений самоорганизации, планирования содержания коллективной работы и реализации намеченного плана,

2) расширению взаимодействия с другими участниками проекта:

– в умениях организовывать собственное рабочее время (чаще стали выходить на связь для обсуждения материала и для консультации),

– в умениях взаимодействовать (чаще стали общаться, социализироваться),

– в навыках оценивать свою собственную работу и работу своих студентов-партнёров по процессуальному критерию, что способствовало развитию навыков совместной работы, интеграции как необходимой предпосылки для активного участия в будущей социальной жизни;

3) осуществлению непрерывного образования: ознакомление с дополнениями и комментариями сторонних посетителей студенческих «вики-страниц» требовало от них не только повторение пройденного материала, но и поиск дополнительной информации для продолжения своего исследования.

Важной особенностью проведённого исследования с презентацией сделанных самостоятельно «вики-страниц» является непрерывность этого процесса. В описанном эксперименте это проявилось в дополнении студенческих «вики-страниц» сторонними лицами спустя несколько месяцев, так как «вики-страницы» находятся в открытом доступе. «Вики-страницы» были завершены в январе 2017 г., а комментарии поступили 30 мая 2018 г., правда они не имели непосредственного отношения к теме «вики», так как добавленный материал был взят из немецкой википедии про тёзку лингвиста Отто Каде, а именно про немецкого композитора и музыковеда [16]. Но так или иначе материал для студентов был новый. В результате студенты были вынуждены ознакомиться с дополнениями и дать свои комментарии на них, что потребовало не только повторения пройденного материала, но и поиска дополнительного материала для ответного комментария как элемента непрерывного образования (рис. 2).

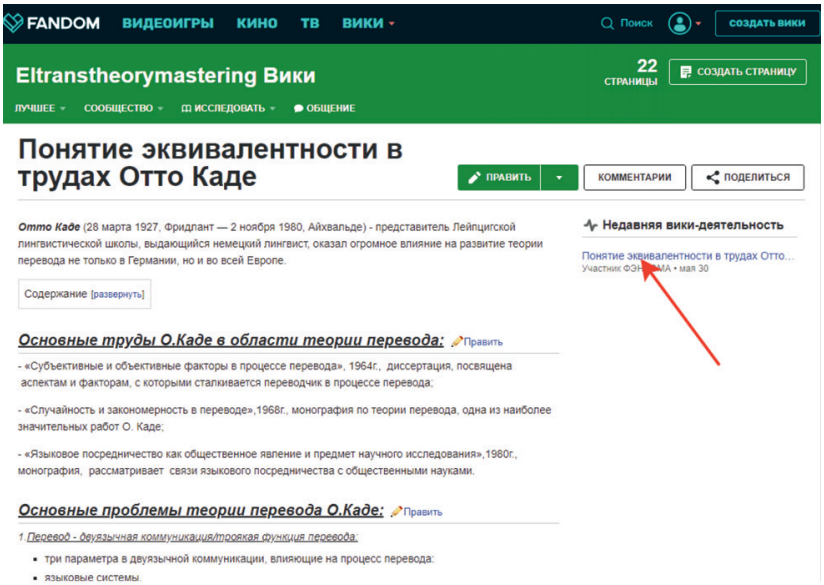


Рис. 2. Комментарии к студенческой «вики-странице», внесённые сторонним участником спустя 16 месяцев

«Вики-технологии» и интегрированный «вики-сайт» оказались оптимальными инструментами для организации самостоятельной исследовательской образовательной деятельности с интерактивным обучением.

Осуществление проблемного обучения с особой гипертекстовой структурой материала как его дидактического свойства, организация индивидуальной и групповой работы с возможностями коллективного доступа через Интернет, дистанционный контроль за самостоятельной деятельностью студентов, интерактивное взаимодействие благодаря мультимедийности – всё это инновационные ситуационные условия для развития навыков коллективной работы, инструментальных, общенаучных и профессиональных компетенций студентов-магистров, повышения мотивации студентов к непрерывному образованию. Несомненно, модель обучения на основе «вики-технологии» – неотъемлемая часть эффективной системы непрерывного мотивированного образования.

Список литературы

1. Тищенко В.И. Основания современных методов прогнозирования и определения приоритетов развития науки // Выявление приоритетных научных направлений: междисциплинарный подход / Отв. ред.: И.Я. Кобринская, В.И. Тищенко. М.: ИМЭМО РАН, 2016. С. 6–15.

2. Сазонов Б.В. Методы и проблемы определения направлений перспективных научных исследований // Выявление приоритетных научных направлений: междисциплинарный подход / Отв. ред.: И.Я. Кобринская, В.И. Тищенко. М.: ИМЭМО РАН, 2016. С. 16–28.

3. Нормативные и правовые документы в сфере дополнительного профессионального образования [Электронный ресурс]. URL: https://випк.мвд.рф/upload/site152/document_file/prez.pdf (дата обращения 10.07.2018).

4. Осипов А.М., Иванова В.А. Институциональные функции «пороговая» проблема современной социологии образования // Социологические исследования. 2016. № 1 С. 117–124.

5. Иванилова С.В. Управление инновационными проектами: учебное пособие для бакалавров. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков К°», 2018. 188 с. [Электронный ресурс]. URL: https://nashol.com/2018040799866/upravlenie-innovacionnimi-proektami-ivanilova-s-v-2018.html (дата обращения 10.07.2018).

6. Иванов В.А. Сущность, классификация инноваций и их специфика в аграрном секторе // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. Сыктывкар: СыктГУ, 2007. № 4. С. 20–31. URL: http://koet.syktsu.ru/vestnik/2007/2007-1/3.htm (дата обращения 15.07.2018)

7. Истрофилова О.И. Инновационные процессы в образовании: учебно-методическое пособие. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2014. 133 с.

8. Торбина И.И. Реализация инновационных педагогических технологий в обучении студентов высших учебных заведений // Российский научный журнал. 2014. № 4 (42). С. 259–263.

9. Ильин Г.Л. Инновации в образовании: учебное пособие. М.: Изд. «Прометей», 2015. 520 с. [Электронный ресурс]. URL: https://fictionbook.ru/author/georgiyi_leonidovich_ilin/innovacii_v_obrazovanii/read_online.html (дата обращения 25.07.2018).

10. Воцкий А.З. Психолого-педагогическая модель готовности выпускника вуза к инновационной деятельности // Фундаментальные исследования. 2014. № 8–7. С. 1653–1657.

11. Джабатырова Б.К., Даурова М.Ш. Инновационный образовательный процесс как основа педагогической интеграции // Вестн. Адыг. госуд. унив. Серия: Педагогика. 2013. № 39 (123). С. 37–47.

12. Вербицкий А.А. О системе, процессе и результате непрерывного образования // Высшее образование. 2016. № 6. С. 47–54.

13. Ильязова М.Д. Формирование инвариантов профессиональной компетентности студента: ситуационно-контекстный подход: дис. ... докт. пед. наук: 13.00.08. Москва, 2011. 283 с.

14. Маркова Ю.Ю. Методика развития умений письменной речи студентов на основе вики-технологии: английский язык, языковой вуз: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Москва, 2011. 22 с.

15. Ильяхов М.О. Методические основы организации интерактивного обучения в сотрудничестве на базе технологии вики: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02. Москва, 2013. 217 с.

16. Червякова Л.Д. Понятие эквивалентности в трудах Отто Каде [Электронный ресурс]. URL: http://ru.eltranstheorymastering.wikia.com/wiki/Понятие_эквивалентности_в_трудах_Отто_Каде?action = history (дата обращения: 25.06.2018).

УДК 373.21

ИДЕИ РАЗВИВАЮЩЕГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ИСТОРИКО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Чернобровкин В.А., Пустовойтова О.В., Сунагатуллина И.И., Кувшинова И.А.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: chernobrov.vl@mail.ru, olgapustovojtova@yandex.ru, vocxod@list.ru, erenk@rambler.ru

Настоящая статья посвящена анализу ключевых положений теории развивающего обучения в историко-педагогической аспекте и обоснованию педагогической целесообразности основных её положений применительно к системе современного образования, включая уровень дошкольного образования. В работе обосновывается актуальность применения и реализации в педагогической практике современных образовательных организаций основополагающих идей теории развивающего обучения в связи с введением федеральных государственных образовательных стандартов дошкольного и общего образования, требования которых во многом переосмысливают идеи теории развивающего обучения; в статье раскрываются ключевые задачи развития современного дошкольного образования на ближайший период; представляется краткий историко-педагогический экскурс теории развивающего обучения, степень её исследования и разработки применительно к системе дошкольного образования; характеризуются показатели состояния системы дошкольного образования за прошедший год г. Магнитогорска Челябинской обл.; в аспекте сущностной значимости актуализируются идеи теории развивающего обучения, объединившей научные интересы ученых XI Международной научно-практической конференции «Мир детства и образование», проведенной на базе кафедры дошкольного и специального образования Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. В заключение подводятся итоги исследования.

Ключевые слова: дошкольное образование, теория развивающего обучение, историко-педагогический подход, система подготовки, основополагающие принципы и подходы, педагогическая практика

THE IDEA OF DEVELOPING EDUCATION IN THE SYSTEM OF MODERN PRESCHOOL EDUCATION: A HISTORICAL-PEDAGOGICAL ASPECT

Chernobrovkin V.A., Pustovoytova O.V., Sunagatullina I.I., Kuvshinova I.A.

Magnitogorsk State Technical University named after Nosov, Magnitogorsk, e-mail: chernobrov.vl@mail.ru, olgapustovojtova@yandex.ru, vocxod@list.ru, erenk@rambler.ru

The present article is devoted to the analysis to the analysis of the key provisions of the theory of developmental education in the historical and pedagogical aspect and justification of pedagogical expediency of its main provisions in relation to the system of modern education, including the level of pre-school education. The article substantiates the relevance of applications and implementation in the pedagogical practice of modern educational organizations with the basic ideas of the theory of developing education in modern pedagogical practice in connection with the introduction of Federal state educational standards of preschool and General education, the requirements of which largely rethink the ideas of the theory of developing education; reveals the key tasks of the development of modern preschool education in the near future; the short historical and pedagogical excursion of the theory of developing training, degree of its research and development in relation to system of preschool education is presented; indicators of a condition of system of preschool education for last year of the city of Magnitogorsk of Chelyabinsk region are characterized; in the aspect of essential importance the ideas of the theory of developing education, which United the scientific interests of scientists of the XI international scientific-practical conference «world of childhood and education», held on the basis of the Department of preschool and special education of Magnitogorsk State Technical University named after Nosov. In conclusion, the results and general conclusions of the study are summarized.

Keywords: preschool education, the theory of developing training, historical and pedagogical approach, the training system, the basic principles and approaches, teaching practice

В современных условиях совершенствования системы образования с направленностью вхождения в европейское и мировое образовательное и общекультурное пространство требуются кардинальные изменения в педагогической теории и практике системы дошкольного образования, требующие реализации и внедрения обновленных педагогических технологий. Процесс обновления системы образования возлагает высокие требования на организацию функционирования современного дошкольного воспитания и обучения, активизирует поиски более эффективных психолого-педагогических подходов к его реализации. Новая парадигма педагогики, как отмечают современные исследователи, смещает центр проблем с формирования знаний, умений и навыков на целостное развитие личности ребенка [1, с. 13]. Поэтому сегодня значимость мероприятий, направленных на социальное развитие

и формирование личности ребенка, значительно возрастает.

Среди ключевых задач развития современного дошкольного образования на ближайший период, которые прозвучали в выступлении руководителя отдела и развития дошкольного образования департамента государственной политики в сфере общего образования на последнем Областном совещании специалистов по дошкольному образованию Челябинской области в г. Снежинске, были названы следующие: расширение доступности дошкольного образования; развитие системы консультационных центров, сети семейного дошкольного образования и воспитания; активизация и развитие в России дошкольного воспитания периода младенческого возраста (от 2-месяцев до 3-х лет); создание условий для расширения и развития инклюзивного образования и коррекционной работы с детьми дошкольного возраста с ограниченными возможностями здоровья; расширение частного сектора системы дошкольного образования; продолжение поиска вариативных форм и внедрение инновационных технологий в образовательную деятельность для достижения дошкольником уровня развития, обеспечивающего его психологическую, умственную и физическую готовность к школе. Детский сад, как отмечают современные педагоги, призван обеспечить ребенку гармоническое взаимодействие с миром [2, с. 82].

К числу главнейших базовых задач, которые стоят перед современным дошкольным образованием, согласно требованиям Федерального государственного образовательного стандарта дошкольного образования (ФГОС ДО), относится подготовка к школе нового поколения детей: креативного, творческого, проявляющего к окружающей действительности большой интерес, адаптированного к сложностям современной общеобразовательной школы и обладающего навыками самостоятельного отыскания и использования знаний, что способствует, как отмечают современные ученые, усилению направленности современной государственной политики в области дошкольного образования на создание условий для обеспечения доступности и качества дошкольного образования [3, с. 172].

Выполнение требований в системе современного дошкольного образования диктует необходимость поиска новых технологий, методов и приемов, а также использование положительных результатов практического опыта существующих теорий и концепций, чем в этом отношении может послужить теория развивающего обучения, которая в последние годы заметно активизируется в своем практическом воплощении не только в российском, но и зарубежном образовании.

Актуальность применения и реализации в педагогической практике современных образовательных организаций основополагающих идей теории развивающего обучения обусловила выбор проблемно-тематической направленности и цель настоящего исследования.

Цель исследования: анализ ключевых положений развивающего обучения в историко-педагогическом аспекте и обоснование их педагогической целесообразности применительно к системе современного образования, включая уровень дошкольного образования.

Материалы и методы исследования

В настоящей статье представлен материал, основанный на использовании методов историко-педагогической периодизации и исторической актуализации, а также метода критериального анализа, обосновывающих педагогическую целесообразность изучаемого историко-педагогического явления в системе современного образования. Представляя краткий историко-педагогический экскурс теории развивающего обучения, степень её исследования и разработки применительно к системе дошкольного образования, напомним, что она впервые получает свое обоснование в работах И.Г. Песталоцци, Ф.А. Дистервега, К.Д. Ушинского и других зарубежных и отечественных исследователей и педагогов. В 1930-е гг. германский психолог О. Зельц экспериментально сумел доказать воздействие обучения на умственное развитие детей.

Впервые глубокое научно-психологическое аргументирование этой теории было дано в исследованиях Л.С. Выготского – выдающегося отечественного психолога-гуманиста, создателя культурно-исторической концепции, согласно которой психические функции человека возникают и развиваются в процессе обучения и во многом определяются культурно-историческим социумом ребенка. Разработки большинства последующих ученых продолжают развитие идей Л.С. Выготского. В 1930–1950-е гг. отечественные психологи закладывали основы формирующего (обучающего) эксперимента как основополагающего метода в решении проблем развивающего обучения (А.Н. Леонтьев, А.В. Запорожец, Г.С. Костюк, С.Л. Рубинштейн, Е.Н. Кабанова-Меллер, Н.А. Менчинская и др.). В 1960–1980-е гг. некоторые положения развивающего обучения интерпретируются в сферу дошкольного образования, а также начального и среднего образования (И.Я. Лернер, Л.А. Венгер, В.И. Лубовский, Т.А. Власова, З.И. Калмыкова, и др.). В конце 1950–1960-х гг. свое дальнейшее продолжение концепция развивающего обучения обрела в экспериментальных работах Д.Б. Эльконина об учебной деятельности как форме самоизменения субъекта, В.В. Давыдова о научных понятиях как специфическом направлении учебной деятельности, Л.В. Занкова о дидактических принципах образовательной системы и других педагогов, основываясь на

идее, касающейся того, что традиционное дошкольное и начальное обучение не обеспечивает достижения высокого уровня интеллектуально-психического развития детей [4].

Теоретические исследования теории развивающего обучения второй половины 20 века послужили базой для практического внедрения и использования концептуальных подходов и педагогических технологий во многих современных отечественных и зарубежных образовательных организациях. Так, программы развивающего обучения получили широкое применение в массовой практике дошкольных и начальных образовательных организаций Якутии, чему посвящает свою монографию «Развивающее обучение в системе дошкольного и начального образования республики Саха (Якутия): историко-педагогичексий анализ (1960–2002 гг.)» исследователь С.Н. Архипова [5]. Современный педагог и ученый Ш.А. Бахышева в своих исследованиях и опыте работы дошкольных организаций определяет направления повышения профессионализма педагогов и воспитателей при внедрении в преподавание дошкольных образовательных организаций развивающего обучения, раскрывает сущность и содержание «Куррикулума в дошкольном образовании в Азербайджанской Республике», основанного на принципах развивающего обучения [6, с. 71]. Современный исследователь Э.Ф. Зеер, анализируя становление различных концепций развивающего обучения и образования, обосновывает в качестве смыслообразующего ядра этих концепций – ценностно-смысловую направленность как основу обучения, которое дефинирует как личностно-развивающее образование [7, с. 3].

Результаты исследования и их обсуждение

Теоретическая исследованность и экспериментально-практическая апробированность идей развивающего обучения обусловили жизненную востребованность основополагающих идей этой теории и в настоящее время. Сегодня основные положения и выводы развивающего обучения интерпретируются в преподавании разных уровней образования и сфер знания, включая иностранный язык, математическую статистику, биологию, дистанционное обучение и т.д. Определенный интерес и заметную активизацию идеи развивающего обучения получают и в системе современного дошкольного образования, на которое сегодня возложена важная ответственность как самостоятельного уровня системы общего образования. Однако изученность и практическое использование этой теории в дошкольном звене на сегодняшний день ещё не в полной мере теоретически и экспериментально исследованы.

Ключевое положение развивающего обучения состоит в том, что обучение должно иметь опережающий характер развития ребенка, фундаментом развивающего обучения является сам ребенок, а знания выступают в качестве средств его развития. По мнению идеологов этой методики, развивающее обучение должно стимулировать развитие детей, улучшать подготовленность к самостоятельному освоению знаний, инициировать уровень развитости их поисковой и творческой деятельности.

Необходимость популяризирования проблемы внедрения в педагогическую практику дошкольных образовательных учреждений основополагающих вопросов теории развивающего обучения вызвана не только педагогическими приоритетами, но и введением в действие ФГОС ДО, требования которого во многом соотносятся с некоторыми положениями теории развивающего обучения и переосмысливают её идеи. Среди основных принципов и задач дошкольного образования, изложенных в действующем ФГОС ДО (п. 1.4, 1.6), достаточно отчетливую связь с идеями теории развивающего обучения имеют:

– формирование общей культуры личности детей, в том числе ценностей здорового образа жизни, развития их нравственных, эстетических, социальных, интеллектуальных, физических качеств, активности, самостоятельности и ответственности ребенка;

– формирование благоприятных условий развития детей в соответствии с их возрастными и индивидуальными особенностями и задатками, развитие творческих способностей и потенциала каждого ребенка как субъекта социально-коммуникативных отношений со взрослыми и обучающимися;

– реализация образовательной деятельности на основе субъективных особенностей каждого ребенка, при котором сам ребенок может проявлять активность в выборе содержания своего образования, является его субъектом;

– поддержание творческой активности детей в различных видах их деятельности в образовательном процессе;

– непринужденное партнерское сотрудничество детей и взрослых, признание ребенка полноправным участником (субъектом) образовательных отношений;

– единство обучения и воспитания в целостный воспитательно-образовательный процесс на основе духовно-нравственных и социокультурных ценностей и принятых в обществе морально-поведенческих норм в интересах ребенка, семьи, общества [8].

Таким образом, по оценке современных ученых, внедрение ФГОС дошкольного и общего образования предполагает новое осмысление принципов развивающего обучения с ориентацией на реализацию деятельностного подхода, а также формирование универсальных учебных действий,

в комплексе представляющих собой способность к самонаучению [9, с. 21].

По основным показателям состояния системы дошкольного образования Челябинской области за прошедший год в г. Магнитогорске функционирует 138 официально имеющих лицензию дошкольных образовательных организаций, 135 из них находятся в ведении муниципалитетов и 3 детских сада – частные. По данным Росстата в рейтинге УрФО по охвату детей 1–7 лет дошкольным образованием за Челябинской областью продолжает сохраняться 1 место, в рейтинге субъектов РФ – 8 место [10, с. 6, 12]. По дифферециации образовательной направленности муниципальные ДОО Магнитогорска имеют широкий спектр: от общеразвивающего, комбинированного, компенсирующего вида до различного рода студий и центров ребенка. Кроме этого, в Магнитогорске интенсивно осуществляют образовательную деятельность различного рода коммерческие детские развивающие центры: центр раннего развития детей, школа скорочтения и раннего развития интеллекта, студия развития детей, детский центр интеллектуального развития, клуб интеллектуального развития, студии иностранных языков и др. Ключевым понятием, лежащим в основе воспитательно-образовательной деятельности инициаторов отдельных учреждений Магнитогорска, является развивающее обучение, которое во многом использует и реализует основные идеи теории развивающего обучения.

Теория развивающего обучения стала центральной и объединяющей научные интересы ученых XI Международной научно-практической конференции «Мир детства и образование», проведенной на базе кафедры дошкольного и специального образования института гуманитарного образования Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. Участниками конференции стали не только российские преподаватели и ученые ближнего зарубежья – Республики Беларусь, Украины: Луганск, Татарстана, Казахстана, Башкирии, но и делегация педагогов из Бразилии. Тематика выступлений Пленарного заседания конференции была посвящена проблемам реализации идей развивающего обучения в различных образовательных уровнях и направлениях подготовки: Теория развивающего обучения как основа формирования статистических понятий в процессе преподавания статистики в школах Бразилии (Андрэ Луис Араужо Куниа, Институт образования, науки и техники, Бразилия, г. Гояния); О подготовке преподавателей английского языка в государственном университете Гояс (Алсидес Хермис Териса Мл., Государственный университет штата Гояс, Бразилия). Формирование самооценки в системе развивающего обучения Д.Б. Эльконина и В.В. Давыдова (Э.В. Витушкина, МОУ «СОШ № 5 с углубленным изучением математики», Россия, г. Магнитогорск); Принципы развивающего обучения (О.В. Гневэк, директор института гуманитарного образования МГТУ им. Г.И. Носова); Значение культурно-исторической теории в развитии дистанционного обучения (Рената Луиза да Коста, Федеральный Институт образования, науки и техники штата Гояс, Бразилия). Согласно мнению бразильских коллег, дистанционное обучение, предполагающее проявление практически полной самостоятельности при обучении, благодаря использованию высокого уровня информационных технологий, активизирует заинтересованность и мотивацию обучающихся к самостоятельному поиску, получению знаний и раскрытию их творчества.

Выводы

Подводя итоги настоящего исследования, необходимо сделать выводы:

1. Историко-педагогический аспект теории развивающего обучения представлен к настоящему времени достаточно большим количеством теоретических разработок и педагогических технологий, как в отечественном, так и в зарубежном образовательном пространстве. Их качество, возможно, при отсутствии ещё общей системности взглядов, варьируется, исходя из уровня, направленности, содержания, методов образовательного процесса. Однако сегодня с полной уверенностью можно говорить об объективности обоснования педагогической целесообразности и востребованности идей развивающего обучения в современном образовании.

2. Одной из ключевых общих задач, которые стоят перед образованием в настоящее время, является подготовка нового поколения детей: креативного, творческого, адаптированного к сложностям современной общеобразовательной школы и обладающего навыками самостоятельного отыскания и использования знаний.

3. Теоретическая исследованность и экспериментально-практическая апробированность положений развивающего обучения обусловили её жизненную востребованность и интерпретированность в преподавание разных уровней, сфер знания и направлений подготовки в системе образования, включая и дошкольное образование.

4. Актуальность исследования проблемы внедрения в педагогическую практику дошкольных образовательных учреждений основополагающих вопросов теории развивающего обучения вызвана не только её педагогическими приоритетами, но и введением в действие ФГОС ДО, требования которого во многом соотносятся с некоторыми положениями теории развивающего обучения и переосмысливают её идеи.

5. Представители научно-педагогического сообщества г. Магнитогорска различного уровня образовательных организаций, включая дошкольное образование, активно обсуждают и используют, наряду с практикой традиционных форм образовательной деятельности, идеи и основополагающие положения теории развивающего обучения, которые выступает интегрирующей средой, порождающей новые подходы к решению проблем современного образования.

Список литературы

1. Кувшинова И.А. Здоровьесбережение как необходимый аспект комплексной реабилитации детей с речевой патологией в условиях промышленного города // Логопед: научно-методический журнал. 2009. № 6 (38). С. 13–20.

2. Бабунова Е.С., Градусова Л.В., Левшина Н.И., Мичурина Ю.А., Степанова Н.А., Турченко В.И., Чернобровкин В.А., Шепилова Н.А. Теоретико-прикладные основы социально-коммуникативного развития дошкольников. Магнитогорск, 2015. 329 с.

3. Stepanova N.A., Sannikova L.N., Levshina N.I., Yurevich S.N., Chernobrovkin V.A. Parental evaluation of preschool education quality: is it a problem or an opportunity? Man in India. 2017. vol. 97. no. 5. P. 171–185.

4. Теоретические основы развивающего образования [Электронный ресурс]. URL: http://detsad40.prosadiki.ru/img/upload/58/documents/Novye_pedagogicheskie_teKhnologii._Teoreticheskie_osnovy.pdf (дата обращения: 02.09.2018).

5. Архипова С.Н. Развивающее обучение в системе дошкольного и начального образования республики Саха (Якутия): историко-педагогический анализ (1960–2002 гг.): монография // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2000. № 6. С. 37–38.

6. Пути повышения качества профессионализма воспитателей-педагогов при внедрении в практику дошкольных образовательных учреждений развивающего обучения. Шарафат А.К.Б. // Science Rise. 2005. Т.10. № 5 (15). С. 71–74.

7. Зеер Э.Ф. Основные смыслообразующие положения личностно-развивающего образования // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2006. № 5. С. 3–12.

8. Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://edu.mari.ru/mouo-medvedevo/dou10 (дата обращения: 02.09.2018).

9. Гневэк О.В. Принципы развивающего обучения // Мир детства и образование : сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. С. 21–25.

10. Основные показатели состояния системы дошкольного образования Челябинской области (отраслевая статистика за 2016 г.) / Под ред. А.И. Кузнецова, Е.С. Комаровой Челябинск: ЧИПКРО, 2017. 60 с.

УДК 373

МЕХАНИЗМЫ РЕЧИ ШКОЛЬНИКОВ

Юртаев С.В.

ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево, e-mail: yurtaev1961@mail.ru

Цель исследования заключается в разработке модели механизмов речи школьников. Достижение этой цели потребовало учета педагогических факторов, оказавших влияние на создание текстов учащимися. Кроме того, принимались во внимание научные сведения, изложенные в учениях о речевой деятельности, в синтаксических концепциях русских филологов. Помимо этого были использованы такие методы изучения ученических текстов, как генетическое сопоставление, статистическая обработка использованных единиц языка. В статье освещены процессы выражения мыслей и смыслового восприятия речевого сообщения учащимися. Из процессов выражения мыслей школьниками охарактеризованы мотивация речи, речевой замысел, семантико-грамматическое структурирование, переход к внешней речи. Мотивация речи представлена с позиции ее определения и структуры. Речевой замысел охарактеризован с точки зрения выбора тем учащимися, денотатов языкового выражения. Семантико-грамматическое структурирование описано в виде элементов его составляющих. Переход к внешней речи изложен через констатацию расположения форм именительного падежа, являющихся основой для распространения мыслей. Из процесса смыслового восприятия речевого сообщения школьниками задействованы факторы и способы понимания речи. К факторам этого процесса отнесены осознание значений слов, жизненный опыт обучающихся, своеобразие речи, умение передавать ее сжато, к способам – индукция, ведущая к обобщению информации.

Ключевые слова: речь, механизмы, школьники, мотивация, замысел, семантико-грамматическое структурирование, переход к внешней речи, восприятие

THE MECHANISMS OF THE SPEECH OF SCHOOLBOYS

Yurtaev S.V.

State Humanitarian University, Orekhovo-Zuyevo, e-mail: yurtaev12961@1961mail.ru

The aim of the study is to develop a model of speech mechanisms for schoolchildren. Achieving this goal required the consideration of pedagogical factors that influenced the creation of texts by students. In addition, the scientific information presented in the exercises on speech activity, in the syntactic concepts of Russian philologists, was taken into account. In addition, such methods were used to study student texts, such as genetic juxtaposition, statistical processing of used units of language. The article covers the processes of expression of thoughts and semantic perception of speech messages by students. From the processes of expressing thoughts by schoolchildren, speech motivation, speech design, semantic-grammatical structuring, transition to external speech are characterized. Motivation of speech is presented from the position of its definition and structure. Speech design is characterized from the point of view of the selection of topics by students, denoters of linguistic expression. Semantic-grammatical structuring is described as elements of its components. The transition to external speech is stated through the statement of the location of the nominative forms, which are the basis for spreading thoughts. From the process of the semantic perception of speech communication schoolchildren are involved in factors and ways of understanding speech. The factors of this process include awareness of the meanings of words, the life experience of students, the originality of speech, the ability to transmit it concisely, to methods – induction, leading to a generalization of information.

Keywords: speech, mechanisms, schoolchildren, motivation, design, semantic-grammatical structuring, transition to external speech, perception

Механизмы речи представляют собой действия по использованию средств языка для выражения мыслей, чувств, эмоций или для осмысления определенного содержания при его восприятии. Изучение таких механизмов влияет на научно обоснованное принятие управленческих решений, например, в сфере образования. Однако интерес к познанию этих механизмов незначительный, в том числе и в методике обучения русскому языку как родному.

Создание модели механизмов речи учащихся возможно, если учитывать учения о педагогических факторах И.П. Подласого [1, с. 333–359], механизмах речи М.Р. Львова [2, с. 361–362], смысловом восприятии речевого сообщения, отраженном в отечественной психолингвистике [3, с. 103–113]. Это во-первых. Во-вторых, механизмы речи учащихся подвергаются характеристике при принятии во внимание учения о концептуальном характере внутренней структуры языка, имеющего место, например, в работах Е.С. Кубряковой [4], Ю.С. Степанова [5]. В-третьих, важными представляются аспекты русского синтаксиса, изложенные в коллективном труде под редакцией В.А. Белошапковой [6]. В-четвертых, работа механизмов речи школьников прослеживается в процессе анализа текстов сочинений, которые написаны одними и теми же школьниками на одну и ту же тему в пятых – девятых классах. А именно, с диахронической точки зре-

ния анализу подверглись темы и значения, выбираемые школьниками при оформлении предметного содержания высказывания. Кроме того, изучались расположения грамматически оформленных предметов речи, синтаксические связи, способы восприятия основного содержания учебного текста.

Цель исследования заключается в разработке модели механизмов речи школьников. При достижении этой цели использовались такие методы научного исследования, как генетическое сопоставление, статистическая обработка использованных единиц языка. Генетическое сопоставление данных позволяет установить изменения, происходящие во времени у одних и тех же школьников. Этот метод способствует выявлению повторяющихся характеристик у разных учащихся. Статистическая обработка единиц языка дает возможность определить количественные свойства, качественный состав этих свойств.

Результаты исследования и их обсуждение

Выражение мыслей начинается с *мотивации речи*. Этот механизм представляет собой процесс зарождения высказывания от восприятия реципиентом речевой ситуации до осознания им цели высказывания. Речевую ситуацию составляет стечение жизненных обстоятельств, которые подразделяются на естественные и искусственные. Цель высказывания выступает как осознанный мотив, как понимание того, ради чего осуществляется речь.

Достижение цели требуют от реципиента воплощения речевого замысла. *Речевой замысел* предполагает выбор темы, предметов речи, смыслового отношения к этим предметам.

Тема является смысловым ядром текста. В теме конденсируется, обобщается содержание.

Человек выражает мысли, чувства, убеждения, представления, рассуждения об окружающем его мире, т.е. он обращается к денотатам языкового выражения. Это могут быть исторические сведения, события современности, картины природы, речь людей, их поступки и многое другое. Денотаты языкового выражения образуют в речи предметное содержание и получают названия, выражаемые в словах.

В условиях школьного обучения речевое развитие учащихся обеспечивается, прежде всего, увеличением количества денотатов языкового выражения. Причем рост осуществляется за счет денотатов мира растений, мира неживой природы, ее явлений, за счет фактов, событий окружающей действительности.

Проиллюстрируем сказанное примерами. Обратимся к диссертационному исследованию С.В. Юртаева «Тенденции формирования текста в письменной связной речи учащихся на уроках русского языка» [7]. Исследователь, наряду с другими, использует сочинения одной и той же девочки, написанные ею в шестом и в седьмом классах.

В начале первого сочинения девочка пишет о том, где произошел случай, о котором ей захотелось рассказать. Он произошел во время зимней рыбалки.

Девочка каталась по льду. Она решила подойти к берегу. Вдруг лед треснул. Но она успела отскочить. Через некоторое время трещина затянулась льдом. Однако кататься ей родители больше не разрешили.

Денотаты языкового выражения: папа, я, я и папа, история, речка, лед, трещина.

Второй запомнившийся случай произошел во время отдыха у бабушки.

Дом, где проживала бабушка, окружали каменистые горы. Особенно сильно возвышалась гора, на вершине которой находилась развалившаяся часовня. По ее склонам кое-где росли деревья, сквозь поверхность земли пробивалась редкая трава.

Однажды, когда девочка поднималась на гору, она заметила между расщелинами одиночные цветы. Вскоре цветы покрыли всю поверхность горы, придав горе необыкновенный вид. Ярко-желтая крона венчала бледно-зеленые подступы к ней.

Денотаты языкового выражения: я, история, горы, гора, часовня, травка, деревца, камни, щели, цветочки, верхушка, это (в значении «покрытие цветами»), крона.

Смысловое отношение человека к предметам речи возникает в его сознании в плане понятий, представлений, суждений, умозаключений, кристаллизирующееся во внутренней речи в информационное образование, в подтемы, микротемы. Это отношение конкретизируется в значениях, обобщающих в себе названия ряда однородных предметов окружающей действительности. Смысловые отношения к одним этим же предметам речи позволяют нам по-разному осознавать предметы речи. Так степь для одного человека представляется как безграничное пространство, необозримое взглядом. Для другого человека степь – это выжженная солнцем поверхность, нагнетающая тоску и печаль.

После того, как реципиент выбрал денотаты языкового выражения, сориентировался в своем отношении к ним, он задумывается о порядке выражения мыслей. Реципиент во внутренней речи формирует «смысловые опоры». В качестве таких идеальных образований могут выступить подтемы, микротемы.

В ученических сочинениях микротемная представленность, так же, как в связной речи взрослых людей, присутствует. Чем старше учащиеся, тем ее объем шире: возрастает количество пунктов плана к сочинению, групп предложений – носителей микротем. Однако количество микротем, раскрываемых школьниками, не всегда совпадает с осознаваемым их количеством. Чем старше школьники, тем большее количество микротем ими осознается.

Семантико-грамматическое структурирование включает в себя выбор значений, модели предложения, грамматическое маркирование слов.

Как считает С.В. Юртаев в труде «Культура речи. Аспекты порождения высказывания», в лингвистике термином синонимичным термину «значение» является термин «семантика». Семантика характеризует слово с точки зрения содержания, она служит первоосновой предложения, представляя его в максимально обобщенном виде [8, с. 24].

Семантику предложений представляют ее единицы, каждая из которых относится к определенному значению, к значению предметности, процессуальности, обстоятельственному значению. Единица одного из значений часто на некотором отрезке речи занимает препозиционное положение. Она является доминирующей. Тогда происходит в основном выражение действий, или характеризуется предмет речи, или раскрываются место, время событий. Авторская мысль приобретает глубину, детализацию.

Модель предложения как синтаксическая единица языка обладает абстрактной сущностью, типовым значением. Эта модель проявляется в формах предикативной основы, являющейся представителем класса предложений на данном временном отрезке. Эта модель имеет форму, выполняющую функцию подлежащего в именительном падеже существительного, местоимения, и форму, выполняющую функцию сказуемого.

Грамматическое маркирование заключается в соединении морфем, обладающих значением, с формальными морфемами. Такое соединение ведет к образованию форм слов. Формы слов выступают как результат реализованного реципиентом содержания высказывания, отобранных им значений слов. Они входят в определенные модели предложений, представляя их во внешней речи. Образование форм слов обеспечивается механизмом перехода к внешней речи.

Действие *механизма перехода к внешней речи* состоит в установлении места форм именительного падежа (и.п.), в распространении этих форм, в образовании единиц речи – языка.

Формы и.п. в предикативных синтаксических конструкциях занимают определенное место. Здесь можно провести аналогию с второстепенными членами предложения, которые по отношению к главным членам предложения занимают положения препозиционные или постпозиционные.

Формы и.п. тождественных значений находятся в предикативных синтаксических конструкциях, следующих друг за другом и на расстоянии друг от друга.

Например, школьница в сочинении пишет о спасателях. Сведения о них она выражает в предложениях, находящихся на расстоянии друг от друга и в группе предложений. В первом случае о спасателях говорится о том, когда они приехали, что они решили. Во втором случае сообщается следующее. Спасатели зашли на кухню, они заметили бабушку.

Подобное размещение форм и.п. имеет место в классических произведениях. Так в рассказе И.С. Тургенева «Бурмистр» читаем о том, как автор продвигался на лошади в лес. В начале своего пути он спустился в овраг, затем – перебрался через сухой ручей, поднялся в гору. Следующее, что видим в тексте, это повествование о дороге, которая предстала перед глазами героя рассказа. Заключительная фраза контекста вновь о нем. Мы узнаем о состоянии героя рассказа, о том, что ему стало трудно передвигаться, поскольку дорога уже была во мраке.

В приведенном примере, в начале, речь идет о действиях автора предложений. Здесь говорится о том, как он управлял лошадьми. Далее повествование касается леса. И вновь об авторе, но только мы узнаем о состоянии его передвижения по лесу.

Формы и.п. тождественных значений могут располагаться также в предикативных синтаксических конструкциях, образующих группу. Их отличие от предыдущего расположения заключается в отсутствии позиции этого же значения в каком-либо другом месте высказывания.

Например, мальчик в сочинении пишет о поездке на реку. Об этом он выражает мысли в группе предложений. Из предложений следует, что он захотел вымыть мопед, испачканный после дождя. Помыв мопед, мальчик поехал к бабушке.

В рассказе А.Н. Толстого «Архип» одним из героев является Собакин. В некотором контексте читаем о том, что Собакин проснулся в сенях, увидел перед собою профиль Заворыкина. От увиденного профиля он застонал и отодвинулся в глубь кровати.

В этом примере субъектом предложений выступает одно и то же лицо. О нем рассказывается, где он оказался и кого перед собою увидел, о чувствах, возникших от увиденного.

Формы и.п. тождественных значений встречаются порой в удаленных друг от друга предикативных синтаксических конструкциях. Минимальное количество этих позиций составляет две позиции. Они отличаются от других позиций отсутствием форм и.п. непосредственного расположения.

В сочинениях учащихся такая позиция находится в основном в предложениях, передающих информацию о предметах речи, расположенных в текстовом пространстве, ограниченном его началом и концом. Эти предметы речи соотносятся с авторами сочинений. Так в одном из сочинений мальчик пишет о себе, о том, что он согласился с другом, о том, как свое согласие стал претворять в реальность.

В рассказе В.П. Астафьева «Людочка» находим описание женщины, неопытного фельдшера, обратившейся к парню, пришедшему к ней на прием с нарывом на виске. Описание ее внешности, движений прерывается вопросительным предложением, после которого следует предложение, вновь передающее действия недобросовестно исполняющего свои обязанности медика.

В первом предложении примера изложено описание субъекта действий, дана его всесторонняя характеристика. Через вопросительное предложение вновь указывается на действие этого же субъекта.

Распространение форм и.п. протекает в пределах предложения. В то же время, если поясняется форма тождественного значения, то она получает развитие за пределами одного предложения. Первый случай распространения описывается в учениях о главных и второстепенных членах предложения, о синтагме, о синтаксических связях внутри него, об актуальном членении предложения, второй – в учениях о тексте.

Распространение форм и.п. за пределами предложения ведет к установлению связей между ними [7, с. 239]. С формально-семантической точки зрения распространяются формы и.п. общего, различного, общего и различного значений. Это приводит к образованию параллельной, цепной, смешанной связей [7, с. 240].

Смысловое восприятие речевого сообщения протекает через раскрытие связей и отношений, которые выражены словами. В результате происходит понимание значений, того, о чем сообщается. Мы воспринимаем окружающий мир на основе его понимания и понимаем происходящее вокруг нас путем восприятия этих событий. В таком случае восприятие и понимание речи являются единым процессом.

К пониманию речи ведет осмысление информации. Оно сопровождается такими мыслительными операциями, как анализ и синтез. Анализ нацелен на выделение необходимой для перципиента информации, синтез объединяет отобранную перципиентом информацию. От того, насколько человек владеет этими операциями, зависит понимание речи.

Важным условием понимания речи является понимание значений слов, предложений. Понимание значений слов, предложений зависит во многом от того, насколько сформированы у носителя языка понятия, получившие оформление в словах.

Другим фактором понимания речи является жизненный опыт обучающихся. Педагог учитывает этот опыт. Он опирается на развитие детей. Он поясняет учебный материал, усиливает восприятие речи иллюстративным материалом. Он сопровождает свою речь разъяснениями, показом иллюстративного материала, применяет схемы, таблицы, алгоритмы.

На понимание речи влияет диалог. Диалоговая форма речевого общения является преобладающей в начальном образовании. Поддержание такого общения во многом зависит от языковых способностей педагога. По мере взросления школьников доля этой формы уменьшается. Естественная коммуникативная среда становится актуальной задачей.

Своеобразие речи обуславливает также ее понимание. Порой содержание речи понятно. Однако его трудно передать своими словами. Лаконичность, рационализм содержания речи требуют усилий по его выражению в другой форме.

Кроме того, понимание речи возможно тогда, когда воспроизводится сжато полученная информация, ее основные мысли. Выражение основных мыслей информации показывает на ее усвоение.

Способом достижения понимания считается индукция, обеспечивающая смысловое восприятие отдельных значений, которые в свою очередь позволяют произвести обобщения. В процессе обобщения информации слушатель/читатель выделяет предмет речи, основу высказывания. Он стремится к поиску того нового, что сообщается о предмете речи. Это новое, чаще всего обобщенное содержание, объединяет сведения о предмете речи в нечто единое, в подтекст, выражаемый иными грамматическими средствами.

Заключение

Конечно, описанная модель механизмов речи школьников не претендует на закрытость, завершенность. Эта модель может быть дополнена, усовершенствована. Тем не менее знание выбора тем учащимися, вербальных значений, расположения предметно образующих форм слов, факторов влияния на понимание речи окажет содействие в успешной организации педагогического процесса.

Список литературы

1. Подласый И.П. Педагогика в 2 т. Том 1. Теоретическая педагогика. М.: Юрайт, 2015. 792 с.

2. Львов М.Р., Горецкий В.Г., Сосновская О.В. Методика преподавания русского языка в начальных класса. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 464 с.

3. Белянин В.П. Психолингвистика. М.: МПСИ, Флинта, 2009. 416 с.

4. Кубрякова Е.С. В поисках сущности языка // Когнитивные исследования языка / Гл. ред. Е.С. Кубрякова. Тамбов: ТГУ им. Г.Р. Державина, 2009. С. 3–12.

5. Степанов Ю.С. Концепты. Тонкая пленка цивилизации. М.: Языки славянских культур, 2007. 248 с.

6. Современный русский язык / Под ред. В.А. Белошапковой. М.: Альянс, 2017. 928 с.

7. Юртаев С.В. Тенденции формирования текста в письменной связной речи учащихся на уроках русского языка: дис. … докт. пед. наук. Москва, 2002. 379 с.

8. Пасечная И.Н., Скоморохова С.В., Юртаев С.В. Культура речи. Аспекты порождения высказывания / Под ред. С.В. Юртаева. М.: ФЛИНТА: Наука, 2014. 160 с.