

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,969
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,407

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, Алов В.З. (Нальчик); д.т.н., доцент, Аршинский Л.В. (Иркутск); д.т.н., профессор, Ахтулов А.Л. (Омск); д.т.н., профессор, Баёв А.С. (Санкт-Петербург); д.т.н., профессор, Баубеков С.Д. (Тараз); д.т.н., профессор, Беззубцева М.М. (Санкт-Петербург); д.п.н., профессор, Безрукова Н.П. (Красноярск); д.т.н., доцент, Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.т.н., доцент, Бессонова Л.П. (Воронеж); д.п.н., доцент, Бобыкина И.А. (Челябинск); д.г.-м.н., профессор, Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.п.н., профессор, Бутов А.Ю. (Москва); д.т.н., доцент, Быстров В.А. (Новокузнецк); д.г.-м.н., профессор, Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.т.н., профессор, Герман-Галкин С.Г. (Щецин); д.т.н., профессор, Германов Г.Н. (Москва); д.т.н., профессор, Горбатюк С.М. (Москва); д.т.н., профессор, Гоц А.Н. (Владимир); д.п.н., профессор, Далингер В.А. (Омск); д.псх.н., профессор, Долгова В.И., (Челябинск); д.э.н., профессор, Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., профессор, Дресвянников А.Ф. (Казань); д.псх.н., профессор, Дубовицкая Т.Д. (Сочи); д.т.н., доцент, Дубровин А.С. (Воронеж); д.п.н., доцент, Евтушенко И.В. (Москва); д.п.н., профессор, Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.п.н., профессор, Жеребило Т.В. (Грозный); д.т.н., профессор, Завражнов А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загrevский О.И. (Томск); д.т.н., профессор, Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., профессор, Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., профессор, Ивашевич 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, Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., профессор, Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., профессор, Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., профессор, Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., профессор, Шарафеев И.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 = 0,969.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,407.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

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 – 12.12.2018
Дата выхода номера – 12.01.2019

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. 30,88
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/12
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

РЕАЛИЗАЦИЯ ТИПОВЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ <i>Аксенов К.А., Клебанов Б.И., Белан С.Б., Перескоков С.А.</i>	9
АКТУАЛИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО УЧЕТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Безрукова Г.А., Данилов А.Н., Шалашова М.Л., Поздняков М.В.</i>	15
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ <i>Бубнов Н.А., Лазарев С.В., Трифонов Г.И., Янин А.Н.</i>	20
ПОКАЗАТЕЛЬ «ЗНАЧИМОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ» КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУКОЕМКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ <i>Быков С.Н.</i>	25
ВЛИЯНИЕ ТИПА НАПОЛНИТЕЛЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНВИНИЛАЦЕТАТА <i>Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Авдонин В.В.</i>	31
МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА СОВЕРШЕНСТВУЕМЫХ СИСТЕМ <i>Гейда А.С.</i>	37
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗБОРНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА С МНОГОРЯДНЫМ ВООРУЖЕНИЕМ <i>Гилев А.В., Бовин К.А., Шигин А.О., Гилёва Н.Н., Черенов Э.В.</i>	42
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТА ТРАНСГЛУТАМИНАЗЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ <i>Глотова И.А., Буховец А.Г., Высоцкая Е.А., Рязанцева А.О.</i>	49
КЛАССИФИКАЦИЯ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА GY-521 ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА <i>Горяев В.М., Джахнаева Е.Н., Лиджи-Горяев В.В., Аль-Килани В.Х.</i>	56
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ <i>Ильичев В.Ю., Юрик Е.А.</i>	62
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ КОМПЬЮТЕРОВ <i>Коваленко С.М., Романов А.М., Петушков Г.В.</i>	67
НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ БРЕНДА КОМПАНИИ <i>Комаров П.И., Гусарова О.М., Таранец С.А.</i>	71
ОПТИМИЗАЦИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ СОВЕТНИКА В КЛИЕНТСКОМ ТЕРМИНАЛЕ METATRADER 5 <i>Кондратьева Т.Н., Трипута И.Г., Прудников С.Е.</i>	77
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВОДИТЕЛЕЙ <i>Кривобоков В.А., Макунева А.А.</i>	84
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ДЛИННОМЕРНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ <i>Лаврентьев А.М.</i>	89

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО МИКРОГИРОСКОПА К ВИБРАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ <i>Лысенко И.Е., Коледа А.Н.</i>	95
НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ <i>Ляшов М.В., Береза А.Н., Бабаев А.М., Коцюбинская С.А.</i>	102
СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ <i>Малахов Н.А., Жигулёвцев Ю.Н.</i>	108
МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСОБОРОНЗАКАЗА В СТРУКТУРЕ КОНЦЕРНА <i>Мовтян Б.А., Данилаев Д.П.</i>	115
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО САМОЛЁТА С ДВУХКОНТУРНЫМИ ТУРБОРЕАКТИВНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И МИНИМИЗАЦИИ ИХ «РАЗНОТЯГОВОСТИ» ПРИ ВЗЛЁТЕ И НАБОРЕ ВЫСОТЫ <i>Новичков В.М., Бурова А.Ю.</i>	121
РАЗРАБОТКА И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КВ-ГМ-55-150 <i>Орумбаев Р.К., Кибарин А.А., Коробков М.С., Ходанова Т.В.</i>	126
РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОФОРМЫ ДЛЯ СВАИ С РЕБРИСТОЙ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ <i>Саввина А.Е., Егорова А.Д., Набережный А.Д., Бочкарев Д.А.</i>	131
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОКА С МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЗАТРАТ <i>Сафронова Т.И., Дегтярева О.Г., Дацьо Д.А.</i>	137
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СУБЪЕКТАМИ АПК <i>Силинская С.М., Нарыжная Н.Ю., Малащенко Н.Л., Тернавченко К.О.</i>	142
ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ АВАРИЯХ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ <i>Цуриков А.Н., Чернышов С.С., Маршаков Д.В.</i>	147
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ РОБАСТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЛИНЕЙНЫХ НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ <i>Чубич В.М., Филиппова Е.В.</i>	153
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВА ШПИНЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ ФЕРРИТ-ХРОМИТ ЦИНКА <i>Шабельская Н.П., Зеленская Е.А., Семченко В.В., Деева А.С., Нестеров А.А.</i>	162
ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО РАЗОМКНУТЫМ ВОЗДУШНЫМ ЛИНИЯМ С ПРОДОЛЬНОЙ САМОКОМПЕНСАЦИЕЙ <i>Шишков Е.М., Проничев А.В., Солдусова Е.О.</i>	168
КАРТЫ ШУХАРТА С ВАРЬИРУЕМЫМИ ГРАНИЦАМИ <i>Юдин С.В., Протасьев В.Б., Подкопаев Р.Ю., Юдин А.С.</i>	174
Педагогические науки (13.00.01, 13.00.02, 13.00.03, 13.00.04, 13.00.05, 13.00.08)	
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ДИССЕМИНАЦИИ ОБНОВЛЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ <i>Аушева И.У.</i>	179

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ	
<i>Быков А.А., Коноплев Д.Ю., Киселева О.М.</i>	184
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВАРИАТИВНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КУРСАНТОВ ВУЗОВ ПОГРАНИЧНОГО ПРОФИЛЯ	
<i>Елисеев С.А., Коновалов И.Е.</i>	188
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ	
<i>Ильмушкин Г.М., Нечаева Н.Ю.</i>	193
ГОТОВНОСТЬ ПЕДАГОГОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ Тьюторского сопровождения обучающихся	
<i>Ильясов Д.Ф., Уткина Т.В., Севрюкова А.А., Пяткова О.Б.</i>	199
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЕТЕРМИНАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ЛИЧНОСТИ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	
<i>Козырев Н.А., Сорокин С.В., Козырева О.А.</i>	204
ИНТЕГРАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛИНИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ФАНТОМНОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ-СТОМАТОЛОГОВ НА КАФЕДРЕ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ	
<i>Кострицкий И.Ю., Губина М.И., Сусликова М.И., Мокренко Е.В.</i>	209
МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ПРЕДМАГИСТРАНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПОДГОТОВКИ	
<i>Краснощечков В.В., Рудь В.Ю., Давыдов В.В.</i>	214
МЕЖКУЛЬТУРНЫЙ ДИАЛОГ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ПОЛИЭТНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ	
<i>Помигуева Е.А.</i>	220
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РИТОРИЧЕСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АКТЕРСКОЕ ИСКУССТВО»	
<i>Цараева Л.А.</i>	225
РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАТИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ В ПОВЫШЕНИИ ГОТОВНОСТИ СТАРШИХ ШКОЛЬНИКОВ К ИНЖЕНЕРНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ	
<i>Янченко И.В., Янченко Я.М., Бурева М.А., Кокова В.И., Перехожьева Е.В., Скурятенко Е.Н., Стреж В.В.</i>	229
Научный обзор	
Технические науки	
ОБЗОР ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЭПОХУ ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕГО ИНТЕРНЕТА	
<i>Жебровский С.И., Кузин Д.А., Стрельцова М.М.</i>	237
Педагогические науки	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ: ФИЛОСОФСКИЙ АСПЕКТ	
<i>Белошицкий А.В., Киргинцева Н.С., Нечаев С.А.</i>	242

CONTENTS
Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

IMPLEMENTATION OF TYPICAL BUSINESS PROCESSES OF PRODUCT QUALITY MANAGEMENT USING MODULES OF AUTOMATED METALLURGICAL PRODUCTION SYSTEM <i>Aksenov K.A., Klebanov B.I., Belan S.B., Pereskokov S.A.</i>	9
ACTUALIZATION OF STATISTICAL ACCOUNTING OF OCCUPATIONAL DISEASES OF AGRICULTURAL WORKERS ON THE BASIS OF INFORMATION SYSTEMS <i>Bezrukova G.A., Danilov A.N., Shalashova M.L., Pozdnyakov M.V.</i>	15
SIMULATION OF PROCESSES OF RECONSTRUCTION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT <i>Bubnov N.A., Lazarev S.V., Trifonov G.I., Yanin A.N.</i>	20
INDICATOR «IMPORTANCE OF INFORMATION TECHNOLOGY» OF COMPETITIVENESS OF HIGH-TECH ENGINEERING PRODUCTS <i>Bykov S.N.</i>	25
INFLUENCE OF FILLER TYPE ON DYNAMIC PROPERTIES OF DAMPING POLYMER COMPOSITIONAL MATERIALS BASED ON ETHYLENE-VINYL ACETATE <i>Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Avdonin V.V.</i>	31
MODELS AND METHODS OF REFINED SYSTEM'S POTENTIAL ANALYTICAL ESTIMATION <i>Geyda A.S.</i>	37
STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE DISCHARGE DRILLING TOOL WITH MULTIPLE EQUIPPING <i>Gilev A.V., Bovin K.A., Shigin A.O., Gileva N.N., Cherenov E.V.</i>	42
MATHEMATICAL MODEL OF TRANSGLUTAMINASE PREPARATION ACTIVITY IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF STRUCTURE FORMATION <i>Glotova I.A., Bukhovets A.G., Vysotskaya E.A., Ryazantseva A.O.</i>	49
DATA CLASSIFICATION OF ACCELEROMETER GY-521 FOR HUMAN ACTIVITY RECOGNITION <i>Goryaev V.M., Dzhakhnaeva E.N., Lidzhi-Goryaev V.V., Al-Kilani V.Kh.</i>	56
PILOT STUDY OF PROPERTIES OF METAL ELASTIC ELEMENTS <i>Ilichev V.Yu., Yurik E.A.</i>	62
PROSPECTS FOR COMPUTER HARDWARE PLATFORM DEVELOPMENT <i>Kovalenko S.M., Romanov A.M., Petushkov G.V.</i>	67
NEURAL NETWORK MODEL OF COMPANY BRAND COST ESTIMATION <i>Komarov P.I., Gusarova O.M., Taranetz S.A.</i>	71
OPTIMIZATION AND TESTING OF AN ADVISOR IN THE CLIENT TERMINAL METATRADER 5 <i>Kondrateva T.N., Triputa I.G., Prudnikov S.E.</i>	77
USING MODEL OF FUZZY INFERENCE WHEN THE DISTRIBUTION OF DRIVERS <i>Krivobokov V.A., Makuneva A.A.</i>	84
ANALYSIS OF WAYS OF PROCESSING OF OUTER DIAMETER OF LONG THIN-WALLED PIPES <i>Lavrentev A.M.</i>	89
SENSITIVITY ANALYSIS OF MICROMECHANICAL GYROSCOPE TO VIBRATORY LOAD <i>Lysenko I.E., Koleda A.N.</i>	95

OBJECT TRACKING AND RECOGNITION SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORK IN A VIDEO STREAM <i>Lyashov M.V., Bereza A.N., Babaev A.M., Kotsyubinskaya S.A.</i>	102
STRUCTURAL AND PARAMETRIC MODELING OF DYNAMIC OBJECTS AND CONTROL SYSTEMS IN REAL TIME <i>Malakhov N.A., Zhigulevtsev Yu.N.</i>	108
THE DECISION-MAKING SUPPORTING METHODS AND MODELS FOR THE STATE DEFENSE ORDER FULFILLMENT EFFICIENCY IMPROVING AT THE CONCERN STRUCTURE <i>Movtyan B.A., Danilaev D.P.</i>	115
THE FORMALIZATION OF THE PRINCIPLES OF OPERATION OF THE CONTROL SYSTEM POWER PLANT OF TWIN-ENGINE AIRCRAFT WITH TURBOJET ENGINES AND MINIMISE THE ASYMMETRY OF THRUST AT TAKEOFF AND CLIMB <i>Novichkov V.M., Burova A.Yu.</i>	121
DEVELOPMENT AND OPERATION EXPERIENCE OF HORIZONTAL KV-GM-55-150 HOT-WATER BOILER <i>Orumbaev R.K., Kibarin A.A., Korobkov M.S., Khodanova T.V.</i>	126
DEVELOPMENT AND DESIGN OF THE METALFORM FOR THE PILE WITH THE RIBBED SIDE SURFACE <i>Savvina A.E., Egorova A.D., Naberezhnyy A.D., Bochkarev D.A.</i>	131
DEVELOPMENT OF MODEL OF THE OPTIMUM USE OF STREAM OF WATER FROM SMALL TERRITORIES AT INDEFINITE EXPENSES <i>Safronova T.I., Degtyareva O.G., Datso D.A.</i>	137
SYSTEMATIC APPROACH IN SHAPING THE DIRECTIONS OF INCREASE OF MANAGEMENT EFFICIENCY OF AGRIBUSINESS ENTITIES <i>Silinskaya S.M., Naryzhnaya N.Yu., Malashenko N.L., Ternavshchenko K.O.</i>	142
ANDROID APPLICATION FOR SERVICE-ORIENTED DECISION SUPPORT IN ACCIDENTS WITH DANGEROUS GOODS <i>Tsurikov A.N., Chernyshov S.S., Marshakov D.V.</i>	147
RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF SOME ROBUST FILTERS FOR NON-STATIONARY LINEAR CONTINUOUS-DISCRETE SYSTEMS <i>Chubich V.M., Filippova E.V.</i>	153
THE FORMATION OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF SPINELS IN THE SYSTEM OF FERRITE-CHROMITE ZINC <i>Shabelskaya N.P., Zelenskaya E.A., Semchenko V.V., Deeva A.S., Nesterov A.A.</i>	162
POWER TRANSMISSION BY OPEN OVERHEAD LINES WITH SERIES SELF-COMPENSATION <i>Shishkov E.M., Pronichev A.V., Soldusova E.O.</i>	168
SHEWHART CARDS WITH VARIABLE BOUNDARIES <i>Ydin S.V., Protasev V.B., Podkopaev R.Yu., Yudin A.S.</i>	174

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

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECT OF DISSEMINATION OF UPDATED CONTENT OF SECONDARY EDUCATION IN KAZAKHSTAN <i>Ausheva I.U.</i>	179
THE FORMATION OF META-SUBJECT COMPETENCIES OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES <i>Bykov A.A., Konoplev D.Yu., Kiseleva O.M.</i>	184

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF VARIABLE CONTENT OF PROFESSIONAL AND APPLIED PHYSICAL TRAINING ON THE FUNCTIONAL CONDITION OF CADETS OF MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE BORDER PROFILE <i>Eliseev S.A., Konovalov I.E.</i>	188
PEDAGOGICAL CONDITIONS OF FORMATION OF ORGANIZATIONAL AND MANAGEMENT COMPETENCE OF FUTURE SPECIALISTS NUCLEAR INDUSTRY <i>Ilmushkin G.M., Nechaeva N.Yu.</i>	193
READINESS OF TEACHERS OF GENERAL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF TUTOR SUPPORT FOR SCHOOLCHILDREN <i>Ilyasov D.F., Utkina N.V., Sevryukova A.A., Pyatkova O.B.</i>	199
THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DETERMINATION AND THE FORMATION OF THE PATENT-TECHNICAL CULTURE OF THE INDIVIDUAL IN THE SYSTEM OF CONTINUOUS EDUCATION <i>Kozyrev N.A., Sorokin S.V., Kozyreva O.A.</i>	204
INTEGRATION OF VARIOUS CLINICAL SITUATIONS USING A PHANTOM MODEL FOR DENTAL STUDENTS' TRAINING AT THE DEPARTMENT OF PROSTHETIC DENTISTRY <i>Kostritskiy I.Yu., Gubina M.I., Suslikova M.I., Mokrenko E.V.</i>	209
MODELS OF TRAINING OF FOREIGN STUDENTS OF PRE-MASTER STUDY PROGRAMS IN ENGINEERING <i>Krasnoshchekov V.V., Rud V.Yu., Davydov V.V.</i>	214
CROSS-CULTURAL DIALOGUE IN THE CONDITIONS OF MODERN POLYETHNIC EDUCATION <i>Pomigueva E.A.</i>	220
IMPROVING THE RHETORICAL SKILLS OF STUDENTS TAKING CLASSES OF «THE PERFORMING ARTS» MAJOR <i>Tsaraeva L.A.</i>	225
IMPLEMENTATION OF INTEGRATIVE MECHANISMS IN INCREASING THE WILLINGNESS OF STUDENTS OF HIGH SCHOOL TO ENGINEERING EDUCATION <i>Yanchenko I.V., Yanchenko Ya.M., Bureeva M.A., Kokova V.I., Perekhozheva E.V., Skuratenko E.N., Strezh V.V.</i>	229

Scientific review

Technical sciences

GEOINFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT IN THE INTERNET OF THINGS ERA <i>Zhebrovskiy S.I., Kuzin D.A., Streltsova M.M.</i>	237
--	-----

Pedagogical sciences

THEORETICAL FOUNDATIONS OF SELF-INSTRUCTION WITHIN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT: A PHILOSOPHIC VIEW <i>Beloshitskiy A.V., Kirgintseva N.S., Nechaev S.A.</i>	242
--	-----

УДК 004:65.011.5

РЕАЛИЗАЦИЯ ТИПОВЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДУЛЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

¹Аксенов К.А., ¹Клебанов Б.И., ²Белан С.Б., ²Перескоков С.А.

¹ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Екатеринбург, e-mail: kbi11@yandex.ru;

²ЗАО «Ай-Тек», Москва

В статье рассматриваются вопросы типизации совершенствования технологических, логистических и организационных процессов металлургического предприятия. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2015 определены типы несоответствующей продукции, причин потерь качества продукции, корректирующих и предупреждающих операций. Определено место процессов совершенствования производства в общей иерархии процессов управления. Представлены модули автоматизированной системы управления выпуском металлургической продукции (АС ВМП), предназначенные для анализа «больших данных» металлургического производства, проведения имитационных экспериментов и оптимизации производственных процессов: конструктор запросов, модули создания моделей производства и оптимизации. Для представления решений по структурам процесса управления изменениями использована нотация BPMN. Показано, что типовой процесс изменений технологии производства регламентирует поведение лица принимающего решение, аналитика и исполнителя решения. Регламент включает основные типовые операции: создание отчета об отбраковке и переназначении продукции между заказами, анализ необходимости принятия мер и регистрация инцидента\проблемы, назначение аналитиков и выдача заданий, построение модели производственного процесса, выработка мер совершенствования с помощью модели, выдача протокола совещания с перечнем мер и заданий исполнителям, фиксация выполнения решения по инциденту\проблеме.

Ключевые слова: управление качеством, имитационное моделирование, совершенствование процесса производства, BPMN, бизнес-процесс

IMPLEMENTATION OF TYPICAL BUSINESS PROCESSES OF PRODUCT QUALITY MANAGEMENT USING MODULES OF AUTOMATED METALLURGICAL PRODUCTION SYSTEM

¹Aksenov K.A., ¹Klebanov B.I., ²Belan S.B., ²Pereskokov S.A.

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, e-mail: kbi11@yandex.ru;

²I-Teco, Moscow

In the article questions of typification of processes of perfection of technological, logistical and organizational processes of the metallurgical enterprise are considered. In accordance with GOST R ISO 9001-2015, the types of non-conforming products, the reasons for the loss of product quality, corrective and preventive operations are determined. The place of production processes in the general hierarchy of management processes is defined. The modules of automation control system 'ASVMP' are designed for analyzing «big data» of metallurgical production, conducting simulation experiments and optimizing production processes: the query designer, production and optimization models. The BPMN notation is used to represent decisions on the structure of the change management process. It is shown that the typical process of changes in production technology regulates the behavior of the person making the decision, the analyst and the executor of the decision. The regulation includes the basic typical operations: the creation of a report on the rejection and reassignment of products between orders, the analysis of the need for action and registration of the incident / problems, the appointment of analysts and assignments, the construction of a model of the production process, the development of measures for improvement through a model, the issuance of a meeting protocol with a list of measures and assignments to performers, fixing the implementation of the decision on the incident / problem.

Keywords: quality management, simulation modeling, production process improvement, BPMN, business process

Выявление причин производственного брака в условиях длинных производственных цепочек с большим количеством операций и параметров продукции, что характерно для металлургического производства, при использовании традиционных методов анализа часто оказывается очень трудоемким, а иногда и невозможным. Переход к фазе «Индустрия 4.0» предусматривает внедрение новых информационных техно-

логий, включающих повсеместную, в рамках всего жизненного цикла, в реальном масштабе времени датификацию продуктов и работы технологического оборудования, использование методов больших данных, прогнозирования процессов в реальном масштабе времени и т.п. Комплексное применение указанных технологий должно позволить трансформировать процессы управления качеством, снизить их трудоемкость,

повысить качество анализа и определения мер, направленных на снижение брака.

Цель исследования: определение новых типовых бизнес-процессов управления качеством продукции металлургического предприятия и соответствующих регламентов работы персонала, основанных на сборе в реальном масштабе времени информации об изменении состояния продуктов и технологического оборудования в рамках всего производственного цикла, использовании методов больших данных, для анализа причин брака, прогнозирования брака единицы продукта в реальном масштабе времени. В качестве средств поддержки указанных процессов предполагается использовать модули не имеющей аналогов автоматизированной системы выпуска металлургической продукции (АС ВМП), предназначенные для слежения [1–2], контроля [3], имитационного моделирования, анализа [4–5] и выдачи рекомендаций по оптимизации полного цикла выпуска металлургической продукции в условиях «больших данных».

Существующими стандартами (ГОСТ ИСО 9001-2015) [6–7] введено понятие «Типы несоответствующей продукции» (брака). К несоответствующей продукции относятся: сырье и материалы, свойства и характеристики которых не соответствуют установленным требованиям; продукция на выходе из участков производственных цехов, не соответствующая требованиям технической документации; готовая продукция, испорченная в процессе хранения на складе; бракованная продукция, поступившая от клиентов. События, связанные с появлением брака, рассматриваются как инциденты, требующие реакции – выявления причин и возможного принятия мер по их дальнейшему недопущению или снижению процента в общем объеме выпущенной продукции. Несоответствующая продукция определяется на основе следующих данных [8]: результатов входного контроля качества сырья и материалов, используемых для производства продукции; промежуточного контроля; результатов контроля качества готовой продукции; данных о порче продукции на складе; результатов рассмотрения рекламаций клиентов к качеству продукции.

Мониторинг качества процессов производства обычно осуществляется в ходе регулярных совещаний по вопросам: контроля своевременности, полноты, результатов и качества выполнения работ процесса доставки продукции клиентам; устранения причин существующих и потенциальных несоответствий продукции и процессов де-

ятельности и предупреждения их возникновения в дальнейшем.

По выявленным несоответствиям (инцидентам) проводятся корректирующие и предупреждающие действия (мероприятия). Указанные действия выполняются в следующих случаях: при поступлении рекламаций от заказчиков, относящихся к качеству продукции; по результатам анализа удовлетворенности потребителей; по результатам контроля и анализа качества работы поставщиков; при выпуске продукции несоответствующего качества; по результатам анализа выполнения планов производства продукции; по результатам анализа отказов и простоев в работе производственно-технологического оборудования; по результатам контроля выполнения требований регламентирующей документации.

Исходными данными для процесса совершенствования производства являются: статистические характеристики (параметры) качества единиц продукции (ЕП); диагностируемые инциденты и предложения по изменению и совершенствованию процессов; структура и параметры ЕП, производственных агрегатов, транспорта и персонала, задействованных в производственном процессе. Выходы процесса совершенствования – мероприятия и рекомендации по изменению (совершенствованию и улучшению) производственного процесса. Место процесса совершенствования в общем процессе производства показано на рис. 1.

В связи с различием структур и показателей эффективности выделено три наиболее сложных процесса управления качеством, для которых предлагаются типовые решения по изменению (совершенствованию): технологического процесса; логистического процесса; организационного (бизнес) процесса.

Частные цели каждого процесса могут быть определены следующим образом:

1) процесс совершенствования технологического процесса – повышение качества выпускаемой продукции;

2) процесс совершенствования логистического процесса – обеспечение своевременности, скорости, повышения гибкости и снижения затрат;

3) процесс совершенствования организационного (бизнес) процесса – ускорение реализации и повышение качества решений по совершенствованию и изменениям производства.

Предложены следующие режимы запуска изменений указанных процессов на предприятии: технологического процесса –

не реже одного раза в неделю; логистического процесса – не реже двух раз в год; организационного (бизнес) процесса – не реже одного раза в квартал. Как следует из указанных сроков, рассматриваемые про-

цессы направлены не только на управление текущими инцидентами, возникающими на производстве, но и на решение проблем, накопленных за время периода между запусками процесса.

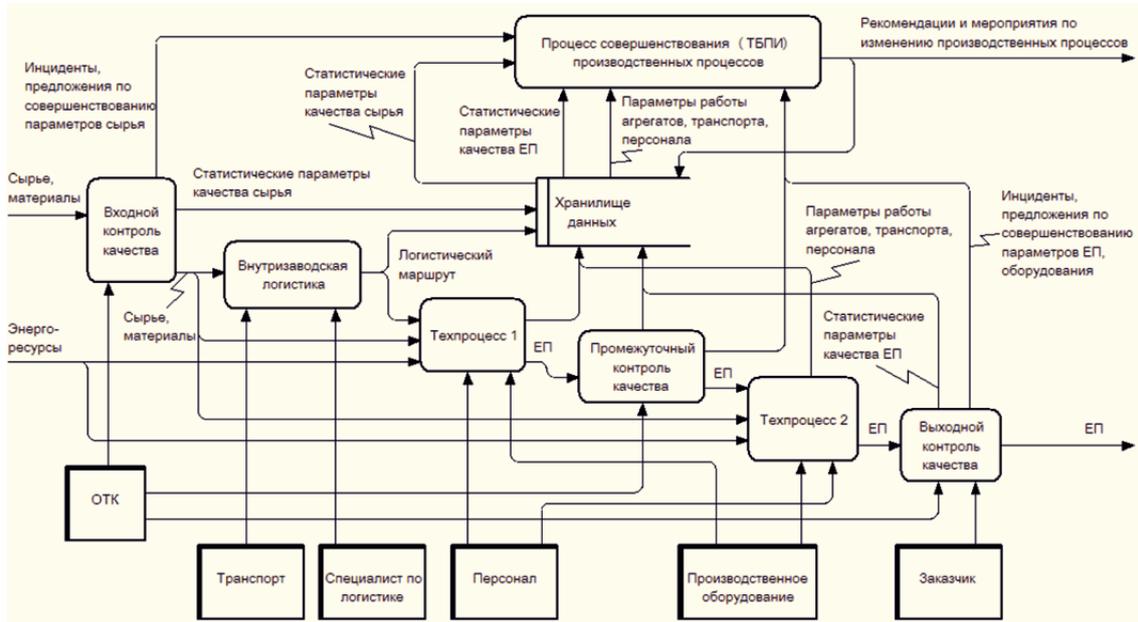


Рис. 1. Внешние связи процесса изменения (совершенствования) производства

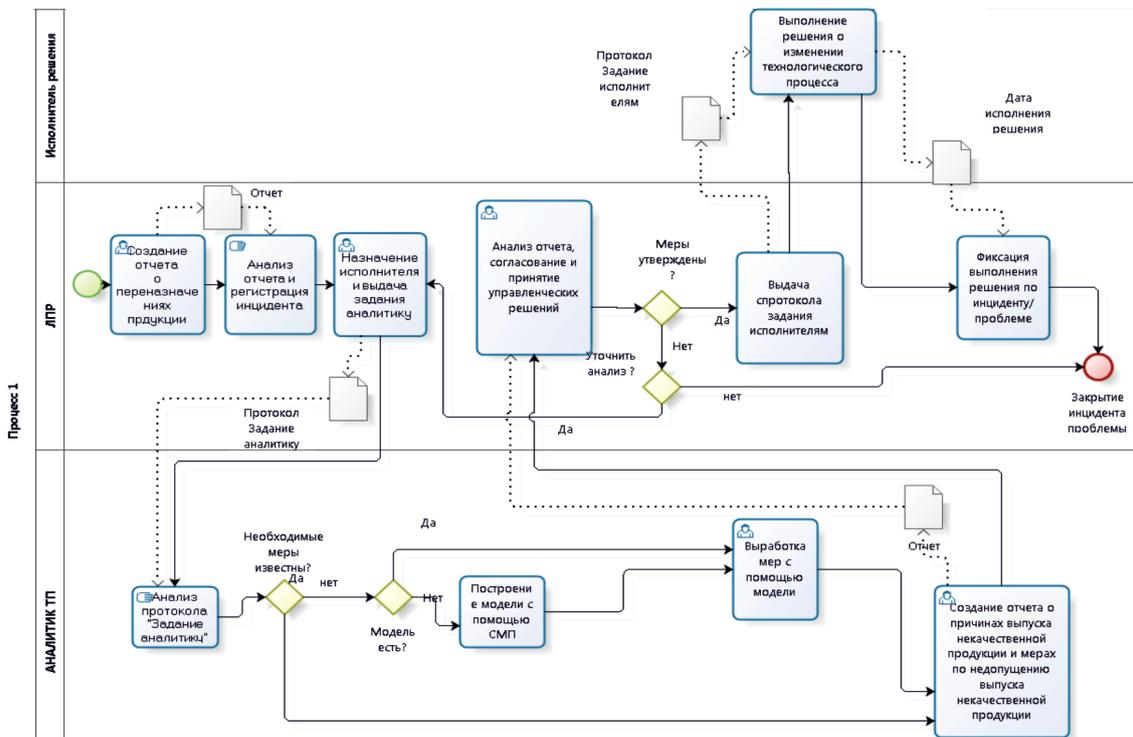


Рис. 2. Структура процесса управления изменениями ТП

Отчет о переназначении продукции

Номер переназначения	ЕП	Текущая марка стали	Цех переназначения	Основание переназначения	Дата/время переназначения	Общее количество переназначений
01	12345	Г1	КЦ	Раковина	10:10:10 20.01.2015	
02	12346	М1	КЦ	Размер>	10:11:10 20.01.2015	
03	12347	Г2	ЛПЦФ	S >	10:12:10 20.01.2015	
04	12348	Г1	Стан2000	Мп >	10:13:10 20.01.2015	

Рис. 3. Форма отчета о переназначениях продукции

Рис. 4. Интерфейс описания инцидента

Рис. 5. Форма назначения исполнителей и сроков

Для поддержки типовых процессов совершенствования производства могут быть использованы следующие программные модули АС ВМП [9], реализующие технологию Big Data [1–2]:

1) конструктор запросов (КЗ) – для создания и выполнения запросов к хранилищу данных обо всех процессах и единицах продукции металлургического предприятия и визуализации полученных ответов;

2) модуль создания моделей производства (СМП) – для построения мультиагентных имитационных моделей технологических, логистических и бизнес-процессов предприятия на стороне веб-сервера, а также визуализации его функционирования;

3) модуль оптимизации процессов (ОПП) – для оптимизации процессов предприятия на стороне веб-сервера.

Регламентация типовых бизнес-процессов управления изменениями позволяет получить четкие, управляемые процессы, для которых указаны: цели, показатели и результаты бизнес-процесса; владелец бизнес-процесса, все исполнители процесса и их функции; входы-выходы и границы процесса, его взаимодействие с другими биз-

нес-процессами; условия запуска процесса; графическая диаграмма бизнес-процесса; подробное описание процесса: содержание каждой операции, исполнитель, требования к срокам, входящая и исходящая информация; документооборот по бизнес-процессу: все документы, используемые в бизнес-процессе, и совершаемые над ними действия.

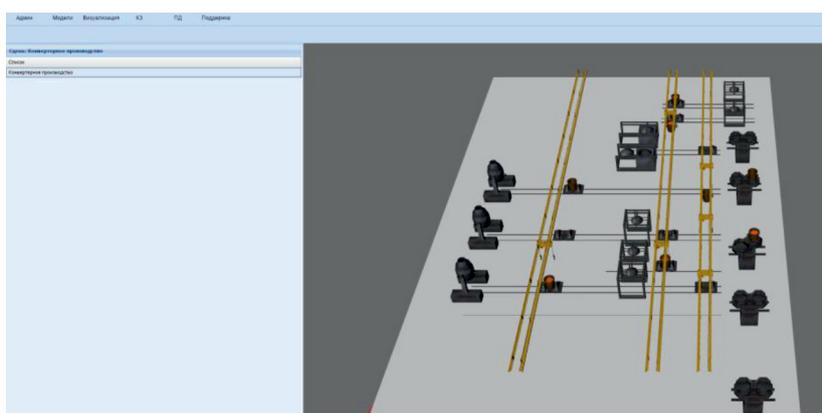


Рис. 6. Вид трехмерной сцены модели конвертерного производства

Основные функции АС ВМП (подсистема моделирования)

№ п/п	Параметр	Plant Simulation	Simio	AnyLogic	АС ВМП
1	Создание модели процессов предприятия				
1.1	Аппарат систем массового обслуживания	Да	Да	Да	Да
1.2	Мультиагентное моделирование	Нет	Да	Да	Да
1.3	Экспертное моделирование	Нет	Нет	Нет	Да
2	Оптимизация процессов предприятия				
2.1	Планирование экспериментов	Да	Да	Да	Да
2.2	Детальная статистика по заявкам (экземплярам), узким местам	Нет	Нет	Нет	Да
2.3	Выдача рекомендаций по изменению процессов	Да	Нет	Нет	Да
3	Работа с базой данных модели				
3.1	Импорт и экспорт данных, результатов	Да	Только текстовый файл	Да	Да
3.2	Открытый доступ к базе модели	Нет	Нет	Да	Да
3.3	Поддержка БД Oracle	Да	Нет	Да	Да
4	Интегрируемость СИМ с КИС предприятия				
4.1	Встроенные программные помощники	Нет	Нет	Да	Да
4.2	Обмен данными модели и КИС предприятия	Да	Только текстовый файл	Да	Да
4.3	Работа с данными в реальном масштабе времени	Нет	Нет	Нет	Да
5	Удобство интерфейса				
5.1	Интерфейс пользователя (GUI / web)	GUI	GUI	GUI	web
5.2	Интерфейс предметного специалиста	Нет	Да	Нет	Да

Для представления решений по структурам процесса управления изменениями использована нотация BPMN [9]. На рис. 2 представлен типовой процесс управления изменениями технологического процесса (ТП). Типовые процессы управления изменениями логистики и организационных процессов построены аналогично.

Результатом проведенных исследований является автоматизация типовых регламентов изменений, использующих в качестве средств поддержки модули АС ВМП, адаптируемые к конкретным условиям производства. Учет инцидентов и мер программно реализован в АРМ Персонала АС ВМП, формы отчета о переназначениях продукции, интерфейса описания инцидента и назначения исполнителей и сроков приведены соответственно на рис. 3–5.

На рис. 6 показан вид трехмерной сцены мультиагентной модели конвертерного производства в подсистеме моделирования АС ВМП [10].

Опытная эксплуатация и приёмочные испытания АС ВМП проводились на основе данных и реальных задач металлургического производства, предоставленных партнерами проекта (АО «Ай-Теко» и ООО «Дата-ЦентрАвтоматика»). Так, в течение месяца опытной эксплуатации в хранилище данных АС ВМП поступила информация о 1428405 единицах продукции. Модули АС ВМП [11] проходят апробацию в ПАО «Северсталь». Ближайшими аналогами на мировом рынке являются следующие системы моделирования (таблица): Plant Simulation; Simio; AnyLogic.

Применение модулей АС ВМП повышает эффективность процессов управления изменениями сложных производственных процессов за счет предоставления оперативного доступа модели к реальным данным производства, когда количество состояний и параметров единиц продукции в жизненном цикле измеряется десятками и сотнями тысяч.

Заключение

В рамках проведенного исследования разработаны новые типовые регламенты управления качеством, основанные на применении модулей АС ВМП, обеспечивающие анализ больших объемов производственной информации и на его основе

совершенствование сложных процессов металлургического предприятия: технологии, логистики и бизнес-процессов.

Работа выполнена в рамках договора № 02.G25.31.0055 (проект 2012-218-03-167) при финансовой поддержке работ Министерством образования и науки Российской Федерации.

Список литературы

1. Беренов Д.А., Белан С.Б., Аксенов К.А., Пересков С.А. Полностью оцифрованное металлургическое производство: слежение, аналитика, моделирование // Фундаментальные исследования. 2017. № 9–2. С. 272–277.
2. Гайнанов Д.Н., Беренов Д.А. Технологии BIGDATA в системах контроля качества металлургического производства. URL: https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/12869/2/Gaynanov_Tekhnologii.PDF (дата обращения: 17.09.2018).
3. Shorikov A.F. Algorithm for solving of two-level hierarchical minimax program control problem in discrete-time dynamical system with incomplete information // The 42nd Conference: Applications of Mathematics in Engineering and Economics (AMEE'16). American Institute of Physics. Conference Proceeding. 2016. Vol. 1789. P. 060011-1-10. DOI: 10.1063/1.4968503.
4. Borodin A., Mirvoda S., Kulikov I., Porshnev S. Optimization of Memory Operations in Generalized Search Trees of PostgreSQL, in Proceedings of International Conference: Beyond Databases, Architectures and Structures. 2017. P. 224–232. DOI: 10.1007/978-3-319-58274-0_19.
5. Borodin A., Mirvoda S., Porshnev S., Bakhterev M. Improving penalty function of R-tree over generalized index search tree possible way to advance performance of PostgreSQL cube extension, in Proceedings of IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA). 2017. P. 130–133. DOI: 10.1109/ICBDA.2017.8078791.
6. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394> (дата обращения: 17.09.2018).
7. ГОСТ Р ИСО 9004-2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. URL: <http://meganorm.ru/Data/502/50270.pdf> (дата обращения: 17.09.2018).
8. Алиулова Л.Р. Причины и последствия 7 видов потерь на производстве. Практика применения. URL: <http://www.leaninfo.ru/2012/11/02/prichiny-i-posledstviya-7-vidov-poter/> (дата обращения: 17.09.2018).
9. Клебанов Б.И., Аксенов К.А., Лобачев Е.В., Юсупов Р.И. Применение методологии сервис-менеджмента информационных технологий для создания системы управления качеством продукции // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=13605> (дата обращения: 30.09.2018).
10. Aksyonov K., Antonova A., Goncharova N. Analysis of the Electric Arc Furnace Workshop Logistic Processes Using Multiagent Simulation. In: Thampi S.M., Krishnan S., Corchado Rodriguez J.M., Das S., Wozniak M., Al-Jumeily D. (eds) Advances in Signal Processing and Intelligent Recognition Systems. SIRS 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Cham. 2018. vol 678. P. 390–397. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-67934-1_35.
11. Автоматизированная система выпуска металлургической продукции. URL: https://www.i-teco.ru/solutions/control_systems_and_automation/asvmp/ (дата обращения: 09.11.2018).

УДК 004.314:613.62:63-057.2

АКТУАЛИЗАЦИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО УЧЕТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**Безрукова Г.А., Данилов А.Н., Шалашова М.Л., Поздняков М.В.***ФБУН «Саратовский научно-исследовательский институт сельской гигиены» Роспотребнадзора, Саратов, e-mail: niusgsar@mail.ru*

В целях актуализации статистического учета и анализа профессиональной заболеваемости работников сельского хозяйства был создан автоматизированный регистр «Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства». Регистр включает в себя паспортные данные, сведения о регионе проживания, месте работы, профессии, стаже работы в профессии, вредных производственных факторах и факторах трудового процесса, основном и сопутствующих диагнозах профессиональных заболеваний, сформировавшихся под воздействием вредных условий труда, общесоматических заболеваниях, степени утраты трудоспособности, инвалидности, исходе профессиональных заболеваний. Регистр содержит интегрированный конструктор запросов для извлечения полной информации о пациенте, что дает возможность в любое время получать необходимую информацию о конкретном пациенте или статистике профессиональной заболеваемости в регионе во временном разрезе. В целях унификации данных в информационное обеспечение регистра включен справочно-информационный модуль, содержащий перечень профессий рабочих и должностей служащих организаций сельскохозяйственного профиля в соответствии с ОКПДТР классификатором, вредные и (или) опасные производственные факторы, характерные для условий труда работников сельского хозяйства, а также список профессиональных заболеваний, вызываемых этими факторами. Каждая профессия автоматически коррелирует с потенциальными вредными факторами труда, а последние – с нозологической формой профессионального заболевания. Разработанный регистр может быть использован в научно-практических целях при социально-гигиеническом мониторинге профессиональной заболеваемости на региональном и федеральном уровнях по отрасли «Сельское хозяйство».

Ключевые слова: работники сельского хозяйства, автоматизированный регистр профессиональных заболеваний, функции регистра

ACTUALIZATION OF STATISTICAL ACCOUNTING OF OCCUPATIONAL DISEASES OF AGRICULTURAL WORKERS ON THE BASIS OF INFORMATION SYSTEMS**Bezrukova G.A., Danilov A.N., Shalashova M.L., Pozdnyakov M.V.***Saratov scientific research institute of rural hygiene of Rosпотребнадзора; Saratov, e-mail: niusgsar@mail.ru*

In order to update the statistics and analysis of occupational morbidity of agricultural workers, an automated register «Occupational morbidity of agricultural workers» was created. The register includes personal data, information about the region of residence, place of work, profession, work experience in the profession, detrimental production factors and factors of the labor process, the main and accompanying diagnoses of occupational diseases formed under the influence of detrimental working conditions, general somatic diseases, the degree of disability, the outcome of occupational diseases. The register contains an integrated query designer to extract complete information about the patient, which makes it possible at any time to obtain the necessary information about a particular patient or statistics of occupational morbidity in the region in a temporary context. In order to unify the data, the information support of the register includes a reference and information module containing a list of occupations of workers and positions of employees of agricultural organizations in accordance with the OKPDTR classifier, harmful and (or) dangerous production factors characteristic of the conditions of agricultural workers there, as well as a list of occupational diseases caused by these factors. Each profession is automatically correlated with potential harmful factors, and the latter – with the nosological form of occupational disease. The developed register can be used for scientific and practical purposes in the socio-hygienic monitoring of occupational diseases at the regional and Federal levels in the field of «Agriculture».

Keywords: agricultural workers, automated register of occupational diseases, functions of the register

Профессиональная заболеваемость является одним из основных официальных показателей общественного здоровья работающего населения, наряду с заболеваемостью с временной утратой трудоспособности, инвалидностью, смертностью в трудоспособном возрасте и средней продолжительностью жизни. На основе анализа информации об уровне профзаболеваемости формируются государственные программы, направленные на улучшение

условий и охрану труда, оценивается профессиональный риск нарушений здоровья работающих, прогнозируются затраты на медико-профилактическую, реабилитационную и социальную помощь работающим во вредных (или опасных) условиях труда и пострадавшим на производстве [1–3].

В настоящее время регистрация и учет профессиональных заболеваний (ПЗ) на федеральном уровне главным образом осуществляется органами и организациями

Роспотребнадзора (база ежегодно выявляемых больных с ПЗ) и Фондом социального страхования, где единицей наблюдения является страховой случай, то есть только ПЗ со стойкой утратой трудоспособности, что обуславливает расхождение официальных статистических данных. Кроме того, ведомственные системы сбора информации имеет Федеральное медико-биологическое агентство России (база ПЗ работников отдельных отраслей промышленности с особо опасными условиями труда), Минздрав РФ (сводные данные центров профпатологии), а также ряд региональных центров профпатологии (Ростовская, Новосибирская, Ульяновская области и др.) [4, 5].

Действующие государственные информационные системы учета профзаболеваний (Роспотребнадзор, ФСС, Минздрав РФ) не предусматривают мониторинг состояния здоровья лиц с профзаболеваниями и данные об исходах профессиональных заболеваний, а также имеют ряд ограничений, не позволяющих анализировать тренды профзаболеваемости по отдельным нозологиям в отраслевом и профессиональном разрезе, стажу работы в профессии, структуре накопленной профессиональной заболеваемости в целом и в отдельных видах экономической деятельности. То есть в недостаточной мере соотносятся с принципом «согласования информационных потребностей с источниками данных», заложенным в стандарты национальных информационных систем здравоохранения, разработанных ВОЗ [6].

В отношении анализа профессиональной заболеваемости работников сельского хозяйства все вышеуказанное осложняется тем обстоятельством, что отдельной строкой этот показатель учитывался только до 2006 г. В статистических материалах последующих лет он представлен совокупно по графе «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», что также снижает объективность оценки текущей ситуации и затрудняет разработку региональных прогнозов и лечебно-профилактических мероприятий, базирующихся на показателях профессиональной заболеваемости, выявляемой в аграрном секторе экономики [7]. В этой связи особую значимость в оптимизации профпатологической помощи работающему населению и оздоровлении условий приобретает персонализированный учет и динамическое наблюдение лиц, с выявленными ПЗ, с привлечением современных информационных технологий [8–10].

Цель исследования: актуализация статистического учета и анализа профессиональной заболеваемости работников сельского

хозяйства путём разработки регионального регистра лиц, страдающих профессиональными заболеваниями, ассоциированными с вредными условиями труда в сельском хозяйстве, и внедрение его в практику Саратовского областного центра профпатологии.

Материалы и методы исследования

В основу дизайна автоматизированного регистра работников сельского хозяйства, страдающих ПЗ, были заложены следующие общепризнанные принципы [11] эпидемиологического регистра: единство информационной базы; динамичное наблюдение лиц с выявленными профзаболеваниями, их клинического течения и исходов; автоматизация хранения и анализа данных за счет создания программных продуктов, обеспечивающих функциональность регистра; защита персональных данных в соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных».

При формировании регистра были использованы следующие медицинские формы и документы: «Карта учета профессионального заболевания (отравления)» – форма № 389-1/у-01, «Журнал учета профессиональных заболеваний (отравлений)» и «Медицинская карта стационарного больного» – форма № 003-у Саратовского областного центра профпатологии.

Для внесения в базу данных информации о работниках сельского хозяйства с впервые выявленными ПЗ в программе Excel была разработана электронная таблица, включающая следующие блоки:

- идентификационные признаки (фамилия, имя, отчество; дата рождения, пол, год постановки диагноза, регион проживания (район), место работы, профессия, стаж работы в профессии);
- гигиеническая характеристика условий труда (химические факторы, биологические факторы, физические факторы, факторы трудового процесса);
- выявленная патология (до 4 диагнозов профессиональных заболеваний, сопутствующее общесоматическое заболевание, стойкая утрата трудоспособности/инвалидность, ПЗ обнаружено в ходе периодического медицинского осмотра, при самообращении);
- исход профзаболевания (год снятия с учета, причина снятия с учета).

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время в базу данных внесены сведения о 771 работнике сельского хозяйства Саратовской области с первично диагностированными профессиональными заболеваниями в период с 2000 по 2017 г.

Для удобства использования регистра была разработана «Программа централизованного учета лиц, страдающих профессиональными заболеваниями, ассоциированными с вредными условиями труда в сельском хозяйстве» [12]. Программа разработана в среде в кросс-платформенной среде программирования Qt Creator.

Программный продукт обеспечивает выполнение следующих функций: однократный ввод первичной информации

и многократное ее дальнейшее использование; добавление в базу лиц с впервые установленными ПЗ; редактирование записей о пациентах; поиск пациентов по различным критериям; вывод на экран и на печать подробной информации об интересующем пациенте, сравнительную оценку статистических данных во временном разрезе. Функциональная схема регистра «Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства» представлена на рис. 1.

В целях унификации данных в информационное обеспечение регистра включен справочно-информационный модуль, содержащий перечень профессий рабочих и должностей служащих организаций сельскохозяйственного профиля в соответствии с ОКПДТР классификатором, вредные и (или) опасные производственные факторы, характерные для условий труда работников сельского хозяйства [13], а также список профессиональных заболеваний, вызываемых этими факторами [14]. Для удобства пользователя все данные расположены на соответствующих закладках.

На рис. 2 приведён вид главного окна программы, основную часть которого занимает таблица с отображаемыми данными, а также кнопки вызова диалоговых окон поиска, добавления и редактирования записей базы данных. Сразу после запуска программы электронная таблица заполняется имеющимися в регистре данными, при этом записи располагаются в хронологии их внесения.

При внесении в регистр записи о работнике с первично выявленными про-

фессиональными заболеваниями, ассоциированными с условиями труда в сельском хозяйстве, его идентификационные данные заполняются произвольно; профессия (должность) – выбирается из выпадающего списка. Каждая из профессий (должностей) автоматически коррелирует с потенциальными вредными факторами труда, из которых необходимо выбрать соответствующие гигиенической характеристике условий труда конкретного работника. После их снесения выпадает перечень профессиональных заболеваний, вызываемых данными вредными условиями труда (в соответствии с МКБ-10), из которых, в свою очередь, выбирается соответствующая нозология. Программа позволяет запоминать от одного до четырёх ПЗ (диагнозы 1–4). Диагноз сопутствующий, инвалидность и утрата трудоспособности записываются произвольным образом. Также указывается год постановки диагноза.

При необходимости можно внести изменения в ранее внесенные данные о пациенте (например, при изменении степени нетрудоспособности в результате успешных реабилитационных мероприятий или снятии с учёта). Для этого необходимо найти нужного пациента в списке, выводимом на главном окне программы, выделить строку, содержащую сведения о нём, и нажать кнопку «Редактировать». Появится окно, подобное окну добавления пациента, только с заполненными полями. В случае снятия с учёта пациента на вкладке «Снятие с учёта» указывается год снятия с учёта и из выпадающего списка выбирается причина (переезд, выздоровление, смерть).

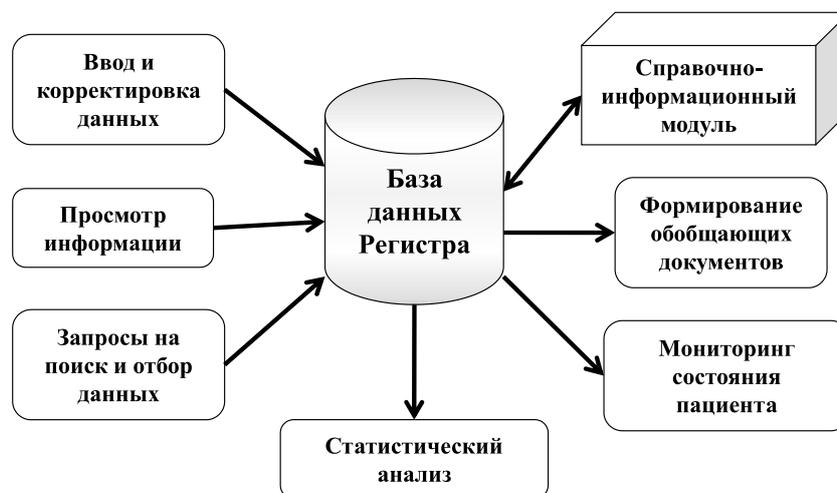


Рис. 1. Функциональная схема регистра «Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства»

База данных пациентов																							
Добавить Найти Редактировать Удалить Показать всех Вывести карточку Размер шрифта 12 Сохранить																							
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
1	...	Год ро...	В...	Регион	Район	Место работы	Профе...	С...	Химичес...	Биологичес...	Физичес...	Факторы трудового процесса	Дз.1	Дз.1 (МКБ)	Дз.2	Дз.2 (МКБ)	Дз.3	Дз.3 (МКБ)	Дз.4	Дз.4 (МКБ)	Дз. сопут.	Утрата трудос	
2	м	1963	37	Сарато...	Петров...	"КЗ"Зе...	Тракто...	0	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Радику...	М5...									
3	м	1953	46	Сарато...	Самойл...	СПК Терса	Тракто...	0	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Вибрац...	T75.2									
4	м	1951	49	Сарато...	Екатер...	"СХПК "Земл...	Тракто...	0	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Вибрац...	T75.2									
5	м	1943	56	Сарато...	Федор...	Кэ романо...	Тракто...	0	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Радику...	М5...									
6	м	1942	58	Сарато...	Самойл...	"ТО"Л...	Чабан	28	Дигидро...	Инфицирова...			Токсик...	L27.1									
7	м	1963	36	Сарато...	Марко...	"ЗАО"...	Тракто...	30	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Радику...	М5...						АГЗ,рис3	стойк.у		
8	м	1958	42	Сарато...	Марко...	"ТУП"...	Тракто...	15	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Вибрац...	T75.2									
9	м	1945	55	Сарато...	Самойл...	СПК Терса	Тракто...	36	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Плече...	M7...	Рад...	M5...							
10	м	1939	61	Сарато...	Петров...	"ТПКЗ"...	Ветери...	27	Альдегиды алифати...	Грибы продуценты...			Хронич...	A23.9								Стойк.у	
11	м	1941	59	Сарато...	Красно...		Водите...	24					Плече...	M7...									
12	м	1952	48	Сарато...	Самойл...	"ТО"Л...	Тракто...	21	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Радику...	М5...	Пле...	M7...							
13	ж	1954	45	Сарато...	Ровен...	СПК Привол.	Дояр	21	Тиолы (меркапт...	Ферментные препараты, ...		Физичес...	Хронич...	A23.9									
14	м	1949	51	Сарато...	Сарато...	агроуру...	Тракто...	34	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Радику...	М5...	Пле...	M7...						Стойк.у 30%	
15	м	1977	23	Сарато...	Петров...	ОМО Петр.р.	Ветери...	4	Альдегиды алифати...	Грибы продуценты...			Хронич...	A23.9									
16	ж	1967	32	Сарато...	Федор...	"АО"К...	Дояр	10	Тиолы (меркапт...	Ферментные препараты, ...		Физичес...	Профе...	И45.0								стойк.у	
17	ж	1949	51	Сарато...	Петров...	ОМО Петр.р.	Дояр	8	Тиолы (меркапт...	Ферментные препараты, ...		Физичес...	Хронич...	A23.9								стойк.у 20%	
18	м	1956	44	Сарато...	Балтай...	ОХА	Тракто...	23	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Радику...	М5...								стойк.у	
19	м	1951	49	Сарато...	Советс...	"ООО"..."	Тракто...	30	Пестици...	Инфицирова...	Локальная вибраци...	Физичес...	Вибрац...	T75.2									

Рис. 2. Внешний вид главного окна регистра «Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства»

Год постановки диагноза: 2014
 Фамилия: П*****
 Имя: В*****
 Отчество: М*****
 Год рождения: 19**
 Возраст постановки диагноза: 57 лет
 Пол: мужской
 Регион: Саратовская область
 Район/райцентр: Духовницкий район
 Место работы: "КХ "Возрождение"
 Профессия: Тракторист-машинист сельскохозяйственного производства
 Стаж работы: 20 лет
 Диагноз 1: Радикулпатия пояснично-крестцового уровня (M54.1)
 Диагноз 2: Нейросенсорная тугоухость двусторонняя (H90.6)
 Диагноз 3:
 Диагноз 4:
 Диагноз сопутствующий: Хронический бронхит
 Утрата трудоспособности: стойк утрата
 Инвалидность:
 Вредные производственные факторы труда, формирующие профзаболевания
 1. Химические факторы
 2. Биологические факторы
 3. Физические факторы
 - Производственный шум
 4. Факторы трудового процесса
 - Физические перегрузки (статическая нагрузка, рабочая поза)

Печать Закреть

Рис. 3. Внешний вид окна «Карта пациента»

Регистр содержит интегрированный конструктор запросов для извлечения полной информации о пациентах, что дает возможность получать необходимую информацию о конкретном работнике, страдающем ПЗ, или получать данные о статистике про-

фессиональной заболеваемости в любом регионе области во временном и профессиональном разрезе (условия поиска могут задаваться по любым полям базы данных в любом сочетании при активации кнопки «Найти»). При нажатии на кнопку «Выве-

сти карту пациента» открывается окно, содержащее все ранее внесенные сведения о пациенте, которые можно вывести на печать (рис. 3).

Заключение

Разработанный регистр «Профессиональная заболеваемость работников сельского хозяйства» имеет ряд преимуществ перед используемыми в настоящее время официальными статистическими системами, заключающимися в первую очередь в возможности:

- персонального учёта паспортно-регистрационных данных и коррекции их изменений на лиц с первично выявленными профессиональными заболеваниями;
- мониторинга клинического течения профессиональных заболеваний и их исходов;
- контроля качества диспансерного наблюдения лиц, внесённых в регистр, на местах (сельские медицинские организации), и соблюдения сроков и частоты их направления в областной центр профпатологии для стационарного лечения и реабилитации;
- динамического накопления данных обо всех случаях первичной диагностики профессиональных заболеваний, ассоциированных с вредными условиями труда в сельском хозяйстве;
- оценки регионального распределения накопленной профессиональной заболеваемости и определенных нозологий профессиональных заболеваний на территории ответственности;
- мониторинга социально-демографического и профессионального распределения уровня профессиональной заболеваемости и нозологического спектра ПЗ;
- опосредованного контроля качества мероприятий по улучшению условий труда, эффективности лечебно-профилактических и реабилитационных мероприятий, направленных на оздоровление работающих и продление их трудового долголетия.

Список литературы

1. Денисов Э.И. Логика и архитектура построения прогнозных моделей в медицине труда // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2009. № 1. С. 20–29.
2. Измеров Н.Ф. Актуализация вопросов профессиональной заболеваемости // Здоровоохранение Российской Федерации. 2013. № 2. С. 14–17.
3. Новикова Т.А., Таранова В.М. Роль региональных программ по улучшению условий и охраны труда в управлении профессиональными рисками // Медицина труда и промышленная экология. 2015. № 9. С. 105–106.
4. Бушманов А.Ю., Туков А.Р., Носков Д.С. Автоматизированные системы управления: отраслевой регистр лиц, имеющих профессиональные заболевания // Социальные аспекты здоровья населения (электронный журнал) 2012. № 5. URL: <http://vestnik.mednet.ru/> (дата обращения: 12.11.2018).
5. Бухтияров И.В. Национальная система регистрации профессиональных заболеваний с учётом особенностей Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: http://www.niimt.ru/doc/Expocentre2016/02_161207.pdf. (дата обращения: 15.10.2018).
6. Рамочная модель и стандарты национальных информационных систем здравоохранения. Женева, 2014. 63 с. URL: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43872/8/978>. (дата обращения: 11.10.2018).
7. Безрукова Г.А., Варшамов Л.А., Шалашова М.Л. Организационные аспекты профпатологической помощи работающему населению Саратовской области // ЗНИСО. 2016. № 9. С. 41–44.
8. Столбов А.П. Специальные медицинские регистры как источники данных при проведении эпидемиологических исследований. URL: <http://yandex.ru/click/jsreidir?bu=b9iv>. (дата обращения: 05.10.2018).
9. Ягудина Р.И., Литвиненко М.М., Сорокиных И.В. Регистры пациентов: структура, функции, возможности использования // Фармакоэкономика. 2011. № 4. С. 3–7.
10. Gliklich R.E., Dreyer N.A. Registries for Evaluating Patient Outcomes: A User's Guide. Rockville, 2007. 241 p.
11. Кабринский Б.А. Автоматизированные регистры медицинского назначения: теория и практика применения. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2016. 149 с.
12. Данилов А.Н., Безрукова Г.А., Поздняков М.В., Шалашова М.Л. Программа централизованного учета лиц, страдающих профессиональными заболеваниями, ассоциированными с вредными условиями труда в сельском хозяйстве // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660678. Рос. Федерация. Заявитель и правообладатель ФБУН Саратовский НИИСГ Роспотребнадзора; заявл. 16.05.2016; опублик. 20.09.2016. Единый реестр российских программ для ЭВМ. 1 с.
13. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12.04.2011 № 302н (ред. от 06.02.2018) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» [Электронный ресурс]. URL: http://Consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902/ (дата обращения: 15.10.2018).
14. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 27.04.2012 № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний» [Электронный ресурс]. URL: http://Consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902/ (дата обращения: 15.10.2018).

УДК 623.1/.7

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОРУЖИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

¹Бубнов Н.А., ²Лазарев С.В., ²Трифонов Г.И., ²Янин А.Н.

¹Военная академия материально-технического обеспечения, Санкт-Петербург;

²Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: grishakip@yandex.ru

В статье представлена разработанная имитационная модель прогнозирования объема выхода вооружения и военной техники из строя из-за эксплуатационных неисправностей. Целью предлагаемой модели является определение объема выхода военной техники отдельной мотострелковой бригады из строя и распределение ее по трудоемкости. При этом величина трудозатрат на ремонт будет зависеть от типов и марок вооружения и военной техники, условий их эксплуатации, видов боевых повреждений. В условиях ускоренного ремонта в ходе ведения боевых действий объем ремонтно-эвакуационного фонда будет зависеть от возможностей ремонтно-восстановительного органа. Поэтому для вывода показателей потребности в эвакуации были учтены объемы восстановленных вооружения и военной техники в каждом звене восстановления. Определены величины трудоемкостей ремонта вооружения и военной техники, в которых прогнозируется объем ремфонда. Исходя из проведенного научно-аналитического исследования, имитационная модель состоит из блоков: формирования входных данных; оценка режима эксплуатации и установление расхода ресурса; прогнозирование количества текущих ремонтов; прогнозирование общего количества текущих ремонтов; прогнозирование количества средних ремонтов; прогнозирование общего количества средних ремонтов; прогнозирование количества капитальных ремонтов; прогнозирование общего количества капитальных ремонтов и т.д.

Ключевые слова: восстановление, ремонт, военная техника, моторесурс, прогнозирование, ресурс

SIMULATION OF PROCESSES OF RECONSTRUCTION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

¹Bubnov N.A., ²Lazarev S.V., ²Trifonov G.I., ²Yanin A.N.

¹Military Academy of Logistics, St. Petersburg;

²Military training and research center of the Air force «Air force academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Voronezh, e-mail: grishakip@yandex.ru

The article presents the developed simulation model for predicting the volume of weapons and military equipment failure due to operational faults. The purpose of the proposed model is to determine the volume of the output of military equipment of a separate motorized rifle brigade out of order and its distribution in labor input. At the same time, the amount of labor for repairs will depend on the types and brands of weapons and military equipment, the conditions of their operation, the types of combat damage. In the conditions of accelerated repair in the course of combat operations, the volume of the repair and evacuation Fund will depend on the capabilities of the repair and restoration body. Therefore, for the withdrawal of indicators of the need for evacuation, the volumes of restored weapons and military equipment in each link of the recovery were taken into account. The values of labor intensities of repair of arms and military equipment in which the volume of remfond is predicted are determined. Based on the conducted scientific and analytical research, the simulation model consists of the following blocks: formation of input data; assessment of operation mode and determination of resource consumption; forecasting the number of current repairs; forecasting the total number of current repairs; forecasting the number of average repairs; forecasting the total number of average repairs; forecasting the number of major repairs; forecasting the total number of major repairs, etc.

Keywords: restoration, repair, military equipment, motor resource, forecasting, resource

Процесс выхода вооружения и военной техники (ВВТ) из строя, как подтверждают исследования, носит стохастичный характер и зависит от различных факторов.

Потребность в восстановлении поврежденных ВВТ зависит от объема их вероятных потерь, распределения этих потерь по степени повреждений, возможностей ремонтно-восстановительного органа (РВО) по восстановлению, в то же время совершенствование процесса восстановления ВВТ может осуществляться только на основе достоверных данных о потребности в восстановлении в каждом звене [1–3].

В настоящее время существует метод вывода нормативов по восстановлению ВВТ, сущность которого заключается в следующем: определяются выход ВВТ из строя и производственные возможности РВО; берется средняя трудоемкость текущего и среднего ремонта (ТР) и (СР) ВВТ; вычисляются возможности по ремонту ВВТ на местах выхода их из строя и в соответствующих РВО; ВВТ, невозможные на местах выхода из строя и в соответствующих РВО, подлежащие эвакуации.

Такой подход к определению нормативов, как показали исследования [4], являет-

ся приближенным и не соответствует действительному состоянию ВВТ, подлежащих восстановлению. Это несоответствие вызвано завышенной средней трудоемкостью ремонта ВВТ и заниженной производственной возможностью РВО. Так, в качестве норматива при текущем ремонте военной автомобильной техники (ВАТ) в бригаде трудоемкость одного условного ремонта принята 25 (чел. ч.), а бронетанкового вооружения и техники (БРВТ) 35 (чел. ч.) [4, 5]. Но при решении конкретных вопросов организации восстановления ВВТ приходится иметь дело не с условным, а с реальным ремонтом, требующим определенных трудозатрат. Это вызывает необходимость применять модель, основанную на прогнозировании качественного состава текущих и средних ремонтов с определенными величинами трудозатрат и количественным распределением их в общей совокупности ремонтов по звеньям восстановления.

Материалы и методы исследования

Целью предлагаемой модели является определение объема выхода ВВТ отдельной мотострелковой бригады (омсбр) из строя и распределение ее по трудоемкости в каждом звене. Величина трудозатрат на ремонт будет зависеть от типов и марок ВВТ, условий их использования, видов эксплуатационных и бое-

вых повреждений. В условиях ускоренного ремонта поврежденных ВВТ в ходе ведения боевых действий объем ремонтно-эвакуационного фонда будет зависеть от возможностей РВО по их восстановлению. Поэтому для вывода показателей потребности в эвакуации необходимо знать объемы восстановленных ВВТ в каждом звене восстановления.

Возможное распределение вышедших из строя ВВТ по видам ремонта в данной работе проводится на основе прогнозирования количества ВВТ, вышедших из строя от эксплуатационных причин и боевых повреждений. Для расчета выхода ВВТ из строя от эксплуатационных причин производится расчет расхода моторесурсов, затем определяется количество ВВТ вышедших из строя, по видам ремонта и в безвозвратные потери (рис. 1).

Суточный расход моторесурсов B_{ce} на одну списочную единицу ВВТ бригады может быть определен по зависимости

$$B_{ce} = R_{бз} L_M, \tag{1}$$

где $R_{бз}$ – глубина боевой задачи (темп продвижения) (км); L_M – коэффициент маневра.

Прогнозирование расхода моторесурсов на весь списочный состав ВВТ j -й марки омсбр $B_{бр}$ можно провести по зависимости

$$B_{бр} = \sum_{j=1}^n N_{cj} B_{cej} D, \tag{2}$$

где N_{cj} – списочное количество ВВТ j -й марки омсбр; D – продолжительность боевых действий (сутки).

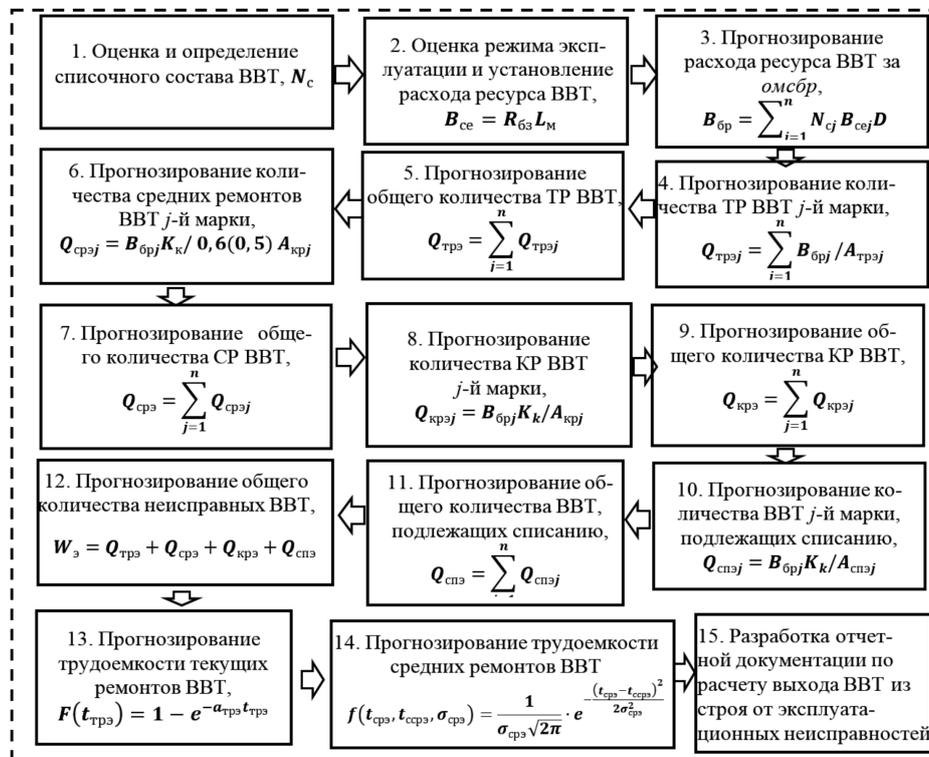


Рис. 1. Структурно-логическая схема модели прогнозирования объема выхода ВВТ из строя от эксплуатационных неисправностей (расчет по моторесурсам)

Количество ВВТ j -й марки, вышедших из строя в ТР ($Q_{\text{трэ}j}$) от эксплуатации, целесообразно определять в зависимости от трудозатрат на условный текущий ремонт:

$$Q_{\text{трэ}j} = \sum_{j=1}^n B_{\text{бр}j} / A_{\text{трэ}j}, \quad (3)$$

где $B_{\text{бр}j}$ – расход моторесурса ВВТ j -й марки за весь период эксплуатации; $A_{\text{трэ}j}$ – амортизационный пробег (наработка) ВВТ j -й марки до ТР.

Общее количество ВВТ, вышедших из строя в ТР от эксплуатационных неисправностей $Q_{\text{трэ}}$, определяется по зависимости

$$Q_{\text{трэ}} = \sum_{j=1}^n Q_{\text{трэ}j}. \quad (4)$$

Исследованиями установлено, что распределение трудоемкости ТР, вышедших из строя от эксплуатационных неисправностей, в зависимости от трудозатрат совпадает с показательным законом распределения [6–8]:

$$Q_{\text{трэ}(y,y+m)} = \sum_{i=1}^n f(t_{\text{трэ}}) W_{\text{нэ}}, \quad (5)$$

где $Q_{\text{трэ}(y,y+m)}$ – количество ТР с трудозатратами от y до $y+m$; $t_{\text{трэ}}$ – отношение количества ТР в заданном интервале трудозатрат (чел. ч.); $W_{\text{нэ}}$ – общее количество неисправных ВВТ (от эксплуатации).

Тогда функция плотности распределения случайной величины [9] (трудоемкости) ТР ВВТ будет иметь вид

$$f(t_{\text{трэ}}) = \begin{cases} a_{\text{трэ}} e^{-a_{\text{трэ}} t_{\text{трэ}}} & t_{\text{трэ}} \geq 0 \\ 0 & t_{\text{трэ}} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

где $a_{\text{трэ}}$ – величина обратная среднему значению трудозатрат на ТР ВВТ.

$$a_{\text{трэ}} = \frac{1}{t_{\text{стрэ}}}, \quad (7)$$

где $t_{\text{стрэ}}$ – средняя трудоемкость ТР ВВТ (чел. ч.).

Вероятность распределения трудоемкости ТР ВВТ от эксплуатации будет иметь вид

$$F(t_{\text{трэ}}) = 1 - e^{-a_{\text{трэ}} t_{\text{трэ}}}. \quad (8)$$

Анализ расчетов распределения трудоемкостей ТР в общей совокупности [6–8] показал, что при средней трудоемкости ТР ВВТ 25 (чел. ч.) и максимальной 70 (чел. ч.) до 50% ВВТ будут требовать ТР в объеме от 5 до 20 (чел. ч.), при этом около 20% будут ВВТ с трудоемкостью 20–30 (чел. ч.) и 25% ВВТ с трудоемкостью свыше 30 (чел. ч.).

Результаты распределения ТР по трудоемкости используются для планирования восстановления ВВТ.

Для определения выхода ВВТ в СР принимается условие, что за межремонтный пробег до капитального ремонта (КР) производится один СР при пробеге 60% нормы пробега до КР для новых и 50% для ВВТ, прошедших его.

Исходя из этого условия количество СР одной единицы ВВТ j -й марки от эксплуатации ($Q_{\text{ср}j}$) определяем как

$$Q_{\text{ср}j} = \frac{B_{\text{бр}j} K_k}{0,6 A_{\text{кр}j}} \text{ или } Q_{\text{ср}j} = \frac{B_{\text{бр}j} K_k}{0,5 A_{\text{кр}j}}, \quad (9)$$

где K_k – коэффициент корректировки; $A_{\text{кр}j}$ – норма пробега ВВТ j -й марки до КР (км).

Значение коэффициента корректирования определяется как

$$K_k = K_{\text{ду}} K_{\text{пкы}} K_{\text{т}}, \quad (10)$$

где $K_{\text{ду}}$ – коэффициент, характеризующий дорожные условия эксплуатации и учитывающий рельеф местности, дорожное покрытие, условия движения, его значения находятся в пределах от 0,6 до 1,0; $K_{\text{пкы}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия, его значения находятся в пределах от 0,7 до 1,0; $K_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий тип ВВТ и характер их использования (интенсивность, нагруженность), его значения находятся в пределах от 0,6 до 1.

Тогда общее количество ВВТ, вышедших в СР от эксплуатации ($Q_{\text{ср}}$), будет равно

$$Q_{\text{ср}} = \sum_{j=1}^n Q_{\text{ср}j}. \quad (11)$$

Для конкретной постановки задачи РВО *омсбр*, в целях наиболее полной реализации их производственных возможностей, важно знать распределение СР ВВТ по трудоемкости. Анализ исследований [6–8] установил, что плотность распределения трудоемкостей среднего ремонта $f(t_{\text{ср}}, t_{\text{ср}}, \sigma_{\text{ср}})$ может быть определена согласно нормальному закону распределения случайных величин:

$$f(t_{\text{ср}}, t_{\text{ср}}, \sigma_{\text{ср}}) = \frac{1}{\sigma_{\text{ср}} \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(t_{\text{ср}} - t_{\text{ср}})^2}{2\sigma_{\text{ср}}^2}}, \quad (12)$$

где $t_{\text{ср}}$ – случайное значение трудоемкости СР (чел. ч.); $t_{\text{ср}}$ – среднее значение трудоемкости СР (чел. ч.); $\sigma_{\text{ср}}$ – среднеквадратическое отклонение трудоемкости СР (чел. ч.).

Распределение трудозатрат на СР ВВТ в этом случае неравномерное.

По продолжительности ремонта объем ВВТ, требующих СР распределен по закону Рэлея [10], функция которого представлена зависимостью

$$f(t_{\text{ср}}) = 2\lambda_{\text{ср}}^2 t_{\text{ср}} e^{-\lambda_{\text{ср}}^2 t_{\text{ср}}}, \quad (13)$$

где $t_{\text{ср}}$ – математическое ожидание случайной величины длительности производственного цикла СР ВВТ (час); $\lambda_{\text{ср}}$ – интенсивность СР ВВТ (ед./час).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных исследований установлен нормальный закон распределения трудоемкости СР ВВТ с математическим ожиданием 85 (чел. ч.) и среднеквадратичным отклонением, при этом трудозатраты на СР не превышают 150 (чел. ч.).

Выход ВВТ в КР определяется на основе того, что за срок службы образец ВВТ может подвергаться двум средним и одному капитальному ремонтам, исключая текущие. В этом случае количество КР одной единицы ВВТ j -й марки от эксплуатации определяем как

$$Q_{\text{кр}j} = \frac{B_{\text{бр}j} K_k}{A_{\text{кр}j}}. \quad (14)$$

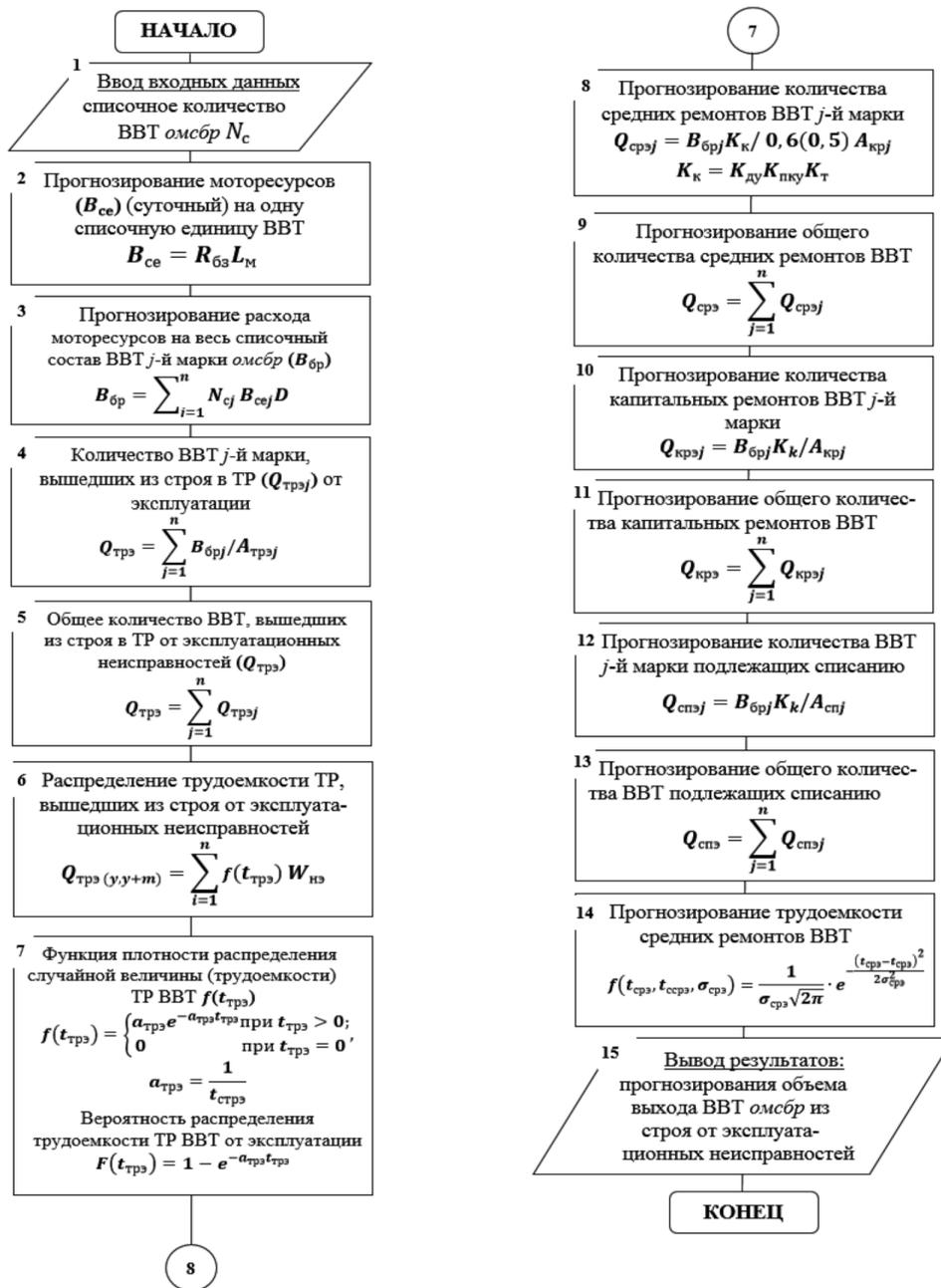


Рис. 2. Имитационная модель прогнозирования объема выхода ВВТ из строя от эксплуатационных неисправностей (расчет по моторесурсам)

Затем определяем общее число ВВТ, вышедших в КР от эксплуатации, которое будет равно

$$Q_{крэ} = \sum_{j=1}^n Q_{крэj}. \quad (15)$$

Для завершения расчетов определяем количество ВВТ j -й марки, подлежащих списанию, выход которых определяется исходя из ресурсов, определенных для каждо-

го типа ВВТ, и может определяться по зависимости

$$Q_{snj} = \frac{B_{bpj} K_K}{A_{спj}}. \quad (16)$$

Количество ВВТ $omsbr$, подлежащих списанию, определяется по зависимости

$$Q_{sn} = \sum_{j=1}^n Q_{snj}. \quad (17)$$

В целом за *омсбр* общее количество неисправных ВВТ, вышедших из строя от эксплуатационных причин, будет определяться как сумма неисправных ВВТ по видам ремонта и списания:

$$W_{\text{нз}} = Q_{\text{трз}} + Q_{\text{срз}} + Q_{\text{крз}} + Q_{\text{спз}}. \quad (18)$$

Выводы

Исходя из разработанной структурно-логической схемы, имитационная модель (рис. 2) включает пятнадцать основных блоков: формирование входных данных ($N_{\text{с}}$); оценка режима эксплуатации и установление расхода ресурса ВВТ ($B_{\text{св}}$); прогнозирование количества текущих ремонтов ВВТ j -й марки ($Q_{\text{трз}j}$); прогнозирование общего количества текущих ремонтов ВВТ ($Q_{\text{трз}}$); прогнозирование количества средних ремонтов ВВТ j -й марки ($Q_{\text{срз}j}$); прогнозирование общего количества средних ремонтов ВВТ ($Q_{\text{срз}}$); прогнозирование количества капитальных ремонтов ВВТ j -й марки ($Q_{\text{крз}j}$); прогнозирование общего количества капитальных ремонтов ВВТ ($Q_{\text{крз}}$); прогнозирование количества ВВТ j -й марки, подлежащих списанию ($Q_{\text{спз}j}$); прогнозирование общего количества ВВТ, подлежащих списанию ($Q_{\text{спз}}$); прогнозирование общего количества неисправных ВВТ ($W_{\text{з}}$); прогнозирование трудоемкости текущих ремонтов ВВТ $F(t_{\text{трз}})$; прогнозирование трудоемкости

средних ремонтов ВВТ $f(t_{\text{срз}}, t_{\text{срз}j}, \sigma_{\text{срз}})$; вывод результатов.

Список литературы

1. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники. М.: Граница, 2015. 304 с.
2. Трифионов Г.И., Жачкин С.Ю., Лазарев С.В. Исследование подъемных механизмов средств наземного обслуживания общего применения и прогнозирование их износа // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2018. № 7. С. 102–109.
3. Еличев К.А., Пинт Э.М., Козицын В.С. Состояние и перспективы развития автомобильной техники // Молодой ученый. 2015. № 4. С. 166–169.
4. Безопасность России – 2015: экспертно-аналитическое обозрение. М.: Фонд «Наука–XXI», 2014. С. 35–49.
5. Пьянков А.А., Белозеров М.С. Проблемные вопросы планирования и реализации мероприятий технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации в рамках государственной программы вооружения и пути их решения // Вооружение и экономика. 2016. № 4. С. 57–69.
6. Лашков Н.Г. Методы повышения эффективности системы ВВТ группировки внутренних войск: дис. ... канд. воен. наук. Ленинград: ВАТТ, 1997. 348 с.
7. Демьянов В.А. Моделирование и способы повышения эффективности функционирования системы автотехнического обеспечения армейского корпуса в оборонительной операции. дис. ... канд. воен. наук. Санкт-Петербург: ВАТТ, 1973. 147 с.
8. Кузнецов Д.В. Методы повышения эффективности эвакуации техники группировки войск оперативного командования в ходе операции. дис. ... канд. воен. наук. Санкт-Петербург: ВАМТО, 2011. 123 с.
9. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Изд.: Астрель, 2010. 992 с.
10. Просветов Г.И. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: задачи и решения. М.: Альфа-Пресс, 2009. 208 с.

УДК 62-5:631.348

ПОКАЗАТЕЛЬ «ЗНАЧИМОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ» КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НАУКОЕМКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Быков С.Н.*ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт»,
Кемерово, e-mail: alex1by@mail.ru*

Работа посвящена решению актуальной проблемы оценки конкурентоспособности наукоемкой машиностроительной продукции на базе автоматизированной системы поддержки принятия решений. Целью исследований является разработка экспертного показателя, позволяющего осуществлять количественную оценку уровня использованных в продукции информационных технологий и устройств. Предложенный показатель «значимость информационной технологии» позволяет оценивать конкурентоспособность продукции по следующим критериям: степень влияния использованной в продукции информационной технологии на рынок данной продукции, соответствие использованных в продукции информационных технологий современному уровню их развития, уровень интенсивности информационного обмена с внешней средой, степень влияния использованной информационной технологии на технические характеристики продукции, уровень автоматизации информационных потоков в данной продукции, оперативность прямой и обратной связи между системой управления и функциональными узлами продукции. Проведена экспертная оценка конкурентоспособности используемых в Сибирском регионе самоходных опрыскивателей по разработанному показателю. Результаты экспертного опроса обработаны с помощью программного обеспечения автоматизированной системы поддержки решений о конкурентоспособности. Выявлены лидеры рынка исследуемой продукции. На базе автоматизированной системы проведен корреляционно-регрессионный анализ показателя «значимость информационной технологии». Выявлена высокая корреляционная связь предлагаемого показателя с комплексным показателем технических характеристик, мощностью двигателя и максимальной рабочей скоростью машин. Направлениями дальнейших исследований являются разработка дополнительных показателей конкурентоспособности продукции и совершенствование программного обеспечения используемой автоматизированной системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: информационная технология, экспертный показатель, система поддержки принятия решений, оценка конкурентоспособности, наукоемкая машиностроительная продукция, самоходный опрыскиватель

INDICATOR «IMPORTANCE OF INFORMATION TECHNOLOGY» OF COMPETITIVENESS OF HIGH-TECH ENGINEERING PRODUCTS

Bykov S.N.*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Kemerovo State Agricultural Institute», Kemerovo, e-mail: alex1by@mail.ru*

The work is devoted to solving the actual problem of assessing the competitiveness of high-tech engineering products based on an automated decision support system. The aim of the research is to develop an expert indicator that allows for a quantitative assessment of the level of information technologies and devices used in products. The proposed indicator «importance of information technology» allows us to evaluate the competitiveness of products by the following criteria: the degree of influence of the information technology used in products on the market of these products, compliance with the information technologies used to the modern level of their development, level of intensity of information exchange with the external environment, degree of influence of the used information technologies for product characteristics, level of information automation flows in these products, the efficiency of direct and feedback between the control system and the functional units of the product. An expert assessment of the competitiveness of self-propelled sprayers used in the Siberian region according to the developed indicator was carried out. The results of the expert survey were processed using the software of an automated decision support system for competitiveness. Identified the market leaders of the investigated products. On the basis of an automated system, a correlation-regression analysis of the «importance of information technology» indicator was conducted. A high correlation was found between the proposed indicator and a complex indicator of technical characteristics, engine power and the maximum operating speed of the machines. The directions of further research are the development of additional indicators of product competitiveness and the improvement of the software of the used automated decision support system.

Keywords: information technology, expert indicator, decision support system, competitiveness assessment, high-tech engineering products, self-propelled sprayer

Производство конкурентоспособной наукоемкой машиностроительной продукции (НМП) считается основным направлением в деятельности промышленных предприятий и важной государственной задачей.

Субъектами принятия решений о разработке, производстве, приобретении, ин-

вестировании продукции являются производители, потребители, частные инвесторы и государство. Для снижения трудоемкости и повышения точности обработки данных, удобства хранения и предоставления результатов исследований, повышения качества принимаемых решений широко ис-

пользуются различные системы поддержки принятия решений, например при управлении ресурсами [1].

Важным критерием при принятии решений является уровень конкурентоспособности продукции, количественно оцениваемый через комплекс адекватных показателей, увеличение общего количества которых всегда актуально [2]. Прогноз значений показателей конкурентоспособности НМП на ранних этапах жизненного цикла [3] также позволяет принимать более обоснованные решения. Для такой оценки обычно используются экспертные показатели, значения которых можно получить по результатам опроса соответствующих специалистов. Отдельные машиностроительные предприятия Кемеровской области используют в своей деятельности автоматизированные системы поддержки принятия решений, в которых применяются экспертные показатели, учитывающие инновационный уровень использованных в продукции технических решений [4] и степень влияния использованных инноваций на экономические системы микро- и макроуровня [5].

В связи с широким внедрением средств информационной и вычислительной техники в машиностроительной продукции актуальной задачей является разработка показателей, отражающих данный аспект.

Цель исследования: разработка экспертного показателя, позволяющего осуществлять количественную оценку уровня использованных в продукции информационных технологий и устройств.

Материалы и методы исследования

В соответствии с целью исследований нами разработан новый экспертный показатель «значимость информационной технологии» ($Z_{ит}$). Данный показатель является количественной характеристикой НМП по критерию соответствия реализованных в ней информационных технологий и устройств современному уровню их развития. Показатель определяется аддитивно-мультипликативным методом по формуле

$$Z_{ит} = V_p C_{и} I_{в} + V_{и} A_{п} C_{п} + \sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n K_{итij},$$

где V_p – коэффициент влияния использованной в продукции информационной технологии на рынок данной продукции;

$C_{и}$ – коэффициент соответствия использованных в продукции информационных технологий современному уровню их развития;

$I_{в}$ – коэффициент интенсивности информационного обмена с внешней средой;

$V_{и}$ – коэффициент влияния использованной информационной технологии на технические характеристики продукции;

$A_{п}$ – коэффициент автоматизации информационных потоков в данной продукции;

$C_{п}$ – коэффициент оперативности прямой и обратной связи между системой управления и функциональными узлами продукции;

n – количество критериев в мультипликативной группе;

m – количество мультипликативных групп;

$K_{ит}$ – дополнительные критерии – коэффициенты показателя $Z_{ит}$, используемые в расчете на конкретных этапах жизненного цикла продукции.

Значения коэффициентов показателя $Z_{ит}$ первого уровня выбираются из табл. 1–6.

Следующей поставленной задачей являлся выбор объектов оценки конкурентоспособности по разработанному показателю. Современные информационные технологии и устройства являются основой для «точного земледелия», которое представляет собой комплексную высокотехнологичную систему сельскохозяйственного менеджмента, включающую в себя технологии глобального позиционирования (GPS), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), географические информационные системы (GIS) и ряд других систем, направленную на увеличение объемов производства качественной сельскохозяйственной продукции при соблюдении экологических норм [6].

Соответствующее оборудование устанавливается на различные сельскохозяйственные машины. Объектами исследования были выбраны самоходные опрыскиватели для химической обработки посевов. Для данных машин характерна установка информационных систем с использованием датчиков, измеряющих состояние растений по оптическим, оптоэлектрическим, электромагнитным, электрическим, лазерным и другим показателям. Наиболее распространены оптоэлектронные датчики на основе спектрального анализа для выявления разницы в отражении солнечного света культурными растениями и сорняками, что оптимизирует расход химического препарата. Применяются также лазерные датчики для определения расстояния до края стеблестоя и оценки рельефа поля, что оптимизирует траекторию движения и скорость машины.

Сигналы от датчиков, обычно установленных на крыше опрыскивателя, в режиме реального времени после их обработки бортовым компьютером передаются на исполнительные механизмы (гидронасос, штангу, рулевую колонку, двигатель). Возможно управление машиной по двухэтапному режиму, когда данные о состоянии конкретного участка поля собираются заранее, обрабатываются внешним компьютером и загружаются в систему по беспроводным каналам или с внешних мобильных носителей информации.

Для самоходных опрыскивателей наиболее распространенными являются датчики моделей YARA-N (фирма AgriCon), Crop Circle Sensor (фирма Holland Scientific), MiniVeg-N (фирма Georg Fritzmeier GmbH).

Полный комплекс оборудования для самоходных опрыскивателей, реализующий возможности современных информационных технологий и технических устройств, включает датчики, системы параллельного вождения, терминалы, адаптированные приводы рабочих органов, базы данных и системы их обработки, картографические системы и т.д.

К наиболее известным относятся комплексы фирм Claas, John Deere, Amazone.

Основными элементами комплекса «Efficient Agriculture Systems» фирмы Claas являются:

- терминалы Cebis и ISOBUS;
- система оптимизации скорости Cruise Pilot;

- система оптимизации режимов обработки растений Cemos;
- система оптимизации траектории GPS Pilot и Laser Pilot;
- система анализа рельефа поля Cam Pilot;
- система оценки состояния машины через интернет Telematics;
- система картографирования Agrosom Map.

Основными элементами комплекса фирмы John Deere являются:

- система автоматического вождения AutoTrac Universal с дисплеем GreenStar 1800;
- система документирования и обработки данных с дисплеем GreenStar 2630;
- светодиодная навигационная панель GreenStar Lightbar;
- система дистанционного контроля местоположения машины JDLink Select;

- система оптимизации расхода топлива JDLink Ultimate.

Основными элементами комплекса «IT-Farming» фирмы Amazone являются:

- система управления опрыскиванием Amaspray+;
- система автоматического документирования данных ASD;
- универсальная платформа управления ISOBUS с терминалом Amatron-3;
- адаптированный терминал CCI-100 для установки на машины разных производителей в рамках договора Competence Center ISOBUS;
- высокопроизводительный терминал Amapad для работы с будущими интеллектуальными приложениями и опцией контроля за работой нескольких машин одновременно;
- модульные навигационные системы GPS-Switch и GPS-Maps.

Таблица 1

Коэффициент влияния использованной в продукции информационной технологии на рынок данной продукции

Масштаб влияния технологии на рынки	B_p
Технология формирует тенденции развития мирового рынка данной продукции	12
Технология влияет на весь мировой рынок данной продукции	8
Технология существенно влияет на рынки нескольких развитых стран	5
Технология существенно влияет на рынок одной развитой страны	3
Технология незначительно влияет на рынок одной развитой страны	2
Технология незначительно влияет на локальный рынок	1
Технология не влияет на рынки продукции	0,5

Таблица 2

Коэффициент соответствия использованных в продукции информационных технологий современному уровню их развития

Соответствие технологии современному уровню	$C_{и}$
Технология существенно опережает современный уровень информационных технологий	8
Технология является новым перспективным направлением в развитии информационных технологий	5
Технология незначительно опережает современный уровень развития информационных технологий	3
Технология соответствует современному уровню развития информационных технологий	2
Технология незначительно отстает от современного уровня развития информационных технологий	1
Технология существенно отстает от современного уровня развития информационных технологий	0,5

Таблица 3

Коэффициент интенсивности информационного обмена с внешней средой

Интенсивность обмена информацией	$I_{в}$
Постоянный интенсивный информационный обмен осуществляется беспроводным способом через интернет, с помощью GPRS и т.д.	10
Регулярный информационный обмен с помощью Wi-Fi	8
Регулярный информационный обмен по проводам	6
Периодический информационный обмен через флеш-карты и другие мобильные носители информации	4
Есть клавиатура для ввода информации. Выходных каналов нет	2
Нет каналов общения с внешней средой	1

Таблица 4

Коэффициент влияния использованной информационной технологии на технические характеристики продукции

Степень влияния технологии на характеристики	$B_{и}$
Технология является основой для функционирования продукции	6
Технология существенно повышает технические характеристики продукции	4
Технология незначительно повышает технические характеристики продукции	2
Технология не влияет на технические характеристики продукции	1
Технология снижает технические характеристики продукции	0,5

Таблица 5

Коэффициент автоматизации информационных потоков в данной продукции

Уровень автоматизации информационных потоков	$A_{п}$
Наличие автоматизированной системы управления, запоминающих устройств, разветвленной сети информационных каналов и т.д. при минимальном участии человека	10
Большинство функций продукции выполняется автоматически при периодическом участии человека	5
Часть функций выполняется автоматически при регулярном участии человека	2
Отсутствие средств автоматизации при минимуме информационных потоков и постоянном участии человека	1
Отсутствие информационных потоков и обязательное участие человека	0,5

Таблица 6

Коэффициент оперативности прямой и обратной связи между системой управления и функциональными узлами продукции

Оперативность связи	$C_{п}$
Постоянный скоростной обмен информацией между системой управления и функциональными узлами в автоматическом режиме	10
Регулярный обмен информацией между системой управления и функциональными узлами за счет большого количества датчиков	6
Периодический обмен информацией между функциональными узлами при наличии простой системы управления	4
Есть несколько каналов связи между функциональными узлами при отсутствии системы управления	2
Нет информационного обмена между функциональными узлами	1

Результаты исследования и их обсуждение

Было выполнено оценивание самоходных опрыскивателей, используемых в Сибирском федеральном округе, по разработанному показателю «значимость информационной технологии». Участниками экспертного опроса являлись специалисты предприятий сельхозмашиностроения, представители департаментов сельского хозяйства, руководители сельскохозяйственных предприятий. Для обработки данных использовалась последняя версия автоматизированной системы поддержки принятия решений [7].

Для выбранных марок машин с помощью табл. 1–6 эксперты с точностью до десятых долей балла назначали количественные оценки. Далее определялось среднее значение по каждому из 6 коэффициентов

и окончательное значение показателя $Z_{ит}$ для каждого опрыскивателя. Результаты исследований с учетом места в рейтинге, занятого машинами, приведены в табл. 7.

Первые три места в рейтинге по показателю «значимость информационной технологии» заняли опрыскиватели Claas Xerion 3800 Saddle (Германия), John Deer 4730 (США) и Amazone Pantera 4001. В группу лидеров данного рынка также вошли Challenger RG 1100 (США), Kuhn Stronger 3030 (Франция) и Case Patriot 4430 (США). Лучшим среди российских машин оказался Versatile SX-275 производства «Ростсельмаш».

Для всех машин было определено значение комплексного показателя конкурентоспособности $K_{тех}$ по множеству технических характеристик. Для этого на предварительном этапе корреляционным анализом были

отобраны технические характеристики, оказывающие наибольшее влияние на указанный показатель. Затем определены нормированные коэффициенты весомости выбранных технических характеристик. Для нахождения значений показателя использовалась модель средневзвешенного

$$K_{\text{ТЕХ}} = \sum_{i=1}^n a_i \frac{X_i}{X_{\text{СП}i}},$$

где n – количество технических характеристик;
 $i = 1 \dots n$ – номер характеристики;
 a_i – нормированный коэффициент весомости (табл. 8);

$X_{\text{СП}i}$ – среднее значение технической характеристики (табл. 8).

Значения показателя $K_{\text{ТЕХ}}$ представлены в табл. 7.

Был выполнен корреляционно-регрессионный анализ показателя $Z_{\text{ИТ}}$

Формула множественной регрессии для данного показателя имеет следующий вид

$$\begin{aligned} Z_{\text{ИТ}} = & 68,172 + 0,212L_p + 0,651W_d + \\ & + 0,335V_p + 0,193V_T + 0,186H_M + \\ & + 0,127S_M + 0,073H_d + 0,101Q_B. \end{aligned}$$

Таблица 7

Характеристики и рассчитанные значения показателей самоходных опрыскивателей

Марка машины	Производитель	V_p	W_d	$K_{\text{ТЕХ}}$	$Z_{\text{ИТ}}$
Claas Xerion 3800 Saddle	Германия	30	360	1,13	333,38
John Deer 4730	США	34	245	1,12	330,53
Amazone Pantera 4001	Германия	20	255	1,18	327,68
Challenger RG 1100	США	22	311	1,14	324,83
Kuhn Stronger 3030	Франция	20	265	1,13	313,66
Case Patriot 4430	США	23	325	1,11	301,31
Horsch Leeb PT 330	Германия	36	330	1,15	292,94
Berthoud Raptor 4240	Франция	35	210	1,02	275,88
Hagie STS 10	Германия	28	215	1,03	272,19
Houseman Air-Ride 4000	Великобритания	25	230	1,01	271,11
New Holland SP240XP	Бельгия	24	275	1,12	264,22
Matrot M24D	Франция	28	215	1,02	257,43
Miller Nitro 5275	США	35	255	1,08	249,67
Jacto Uniport 3030	Япония	35	243	1,11	247,21
Caruelle Nympheos 4240	Италия	38	237	1,04	246,88
Agrifac Condor 4000	Нидерланды	20	210	1,02	222,39
Hardi ALPHA evo	Дания	20	220	1,05	216,35
Mazzotti MAF 4240	Италия	30	237	0,92	203,21
Rimeco Albatros 2500	Италия	27	185	0,91	187,54
Versatile SX-275	«Ростсельмаш», Ростов-на-Дону	30	225	1,04	161,41
Блюминг БЛ-3000	«Мекосан», Беларусь	12	78	0,63	159,70
Барс-3000	«Казаньсельмаш», Казань	20	130	0,86	147,71
Рубин-3500	«Рубин», Самара	21	175	0,88	133,38
Spray Traker	«Инвест-Агро», Воронеж	20	145	0,87	125,67

Таблица 8

Расчетные составляющие показателя $K_{\text{ТЕХ}}$ и корреляция с показателем $Z_{\text{ИТ}}$

ji	Технические характеристики	$X_{\text{СП}i}$	a_i	$corr(Z_{\text{ИТ}}, X_i)$
1	Мощность двигателя (W_d), л.с	224,9	0,19	0,661
2	Размах штанги (L_p), м	31,88	0,21	0,363
3	Транспортная скорость (V_T), км/ч	42,7	0,10	0,319
4	Рабочая скорость (V_p), км/ч	23,8	0,17	0,414
6	Максимальная ширина колеи (S_M), м	2,89	0,07	0,165
5	Максимальная высота штанги (H_M), м	2,48	0,08	0,177
8	Объем бака с раствором (Q_B), м ³	3,67	0,12	0,281
7	Дорожный просвет (H_d), м	1,46	0,06	0,064

Полученная регрессия позволяет рассчитать значение показателя $Z_{\text{ИТ}}$ для перспективной модели самоходного опрыскивателя. Этот прогноз особенно важен для ранних этапов жизненного цикла продукции и позволяет сократить процедуры экспертного опроса.

Наибольшие значения коэффициента парной корреляции показатель $Z_{\text{ИТ}}$ имеет с комплексным показателем $K_{\text{ТЕХ}}$. Достаточно высокая корреляция обнаружена с характеристикой мощности двигателя $W_{\text{д}}$ и характеристикой рабочей скорости машины $V_{\text{р}}$:

$$\text{corr}(Z_{\text{ИТ}}, K_{\text{ТЕХ}}) = 0,475$$

$$\text{corr}(Z_{\text{ИТ}}, W_{\text{д}}) = 0,661$$

$$\text{corr}(Z_{\text{ИТ}}, V_{\text{р}}) = 0,414$$

Результаты расчетов корреляции для остальных характеристик приведены в табл. 8.

Выявленная более высокая корреляция показателя $Z_{\text{ИТ}}$ с характеристиками $W_{\text{д}}$ и $V_{\text{р}}$ по сравнению с другими техническими характеристиками объясняется следующими причинами.

Более высокая мощность двигателя $W_{\text{д}}$ обеспечивает оперативное увеличение давления опрыскивающей жидкости при подаче сигнала оптических датчиков засоренности поля о необходимости более интенсивного опрыскивания конкретного участка, особенно насыщенного сорняками. Оперативная обработка сигнала об увеличении подачи раствора должна сочетаться с качеством распыливания, что также обеспечивается повышением мощности двигателя. Мелкодисперсный туман приводит к лучшему прилипанию капель к растениям, повышает длительность воздействия препарата на сорняки.

Более высокая максимальная рабочая скорость машины $V_{\text{р}}$ позволяет ей двигаться быстрее на ровных участках поля при подаче соответствующего сигнала датчиков рельефа о целесообразности такого движения. Это увеличивает производительность опрыскивателя, сокращает сроки полевых работ и обеспечивает выполнение химической обработки растений в оптимальный агротехнический период.

Направлениями дальнейших исследований является разработка дополнительных показателей конкурентоспособности продукции и совершенствование программного обеспечения используемой автоматизированной системы поддержки принятия решений.

Выводы

1. Обоснована актуальность оценки конкурентоспособности наукоемкой машиностроительной продукции по критерию

соответствия реализованных в ней информационных технологий и устройств современному уровню их развития.

2. Разработан показатель «значимость информационной технологии», позволяющий осуществлять экспертную оценку уровня использованных в НМП информационных технологий и устройств.

3. Рассмотрены варианты оснащения современными информационными средствами точного земледелия конкретного вида сельскохозяйственных машин – самоходных опрыскивателей.

4. На базе автоматизированной системы поддержки принятия решений выполнено исследование конкурентоспособности по предлагаемому показателю для 24 моделей самоходных опрыскивателей.

5. Для выбранных машин определены показатели конкурентоспособности по множеству наиболее весомых технических характеристик.

6. Результаты корреляционно-регрессионного анализа показателя «значимость информационной технологии» показывают относительно высокую корреляционную связь его значений с комплексным показателем по множеству технических характеристик, а также с мощностью двигателя и максимальной рабочей скоростью машин.

7. Разработанный показатель целесообразно применять для экспертной экспресс-оценки конкурентоспособности НМП на базе автоматизированных систем поддержки принятия решений.

Список литературы

1. Ризванов Д.А., Юсупова Н.И. Основы поддержки принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах с применением интеллектуальных технологий // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 1. С. 69–73.
2. Кирсанова Д.А., Жариков В.Д. Критерии и показатели конкурентоспособности машиностроительной продукции // Социально-экономические явления и процессы. 2016. Т. 11. № 3. С. 72–76.
3. Мараховская И.Ю. Показатели оценки конкурентоспособности наукоемкой продукции на всех этапах жизненного цикла продукции // Актуальные научные исследования в современном мире. 2016. № 5. С. 47–49.
4. Осипов Ю.М. Показатель «значимость технического решения» имитационной модели АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация и современные технологии. 1994. № 3. С. 33–35.
5. Быков С.Н., Осипов Ю.М. Показатель «значимость экономического события» АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация. Современные технологии. 1998. № 4. С. 36–38.
6. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Точное земледелие. СПб.: Лань, 2017. 376 с.
7. Быков С.Н., Маринов Н.А. Система поддержки принятия решений о конкурентоспособности наукоемкой продукции // Свидетельство на программу для ЭВМ. RUS 2017614511. № 2016662482. Реестр программ для ЭВМ. Оpubл. 18.04.2017.

УДК 678

**ВЛИЯНИЕ ТИПА НАПОЛНИТЕЛЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНВИНИЛАЦЕТАТА****Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Авдонин В.В.***ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: alexeyqwerty@mail.ru*

Данная работа посвящена проблеме разработки вибропоглощающих полимерных материалов, эффективных в широком температурно-частотном диапазоне. В связи с тем, что эффективность демпфирования колебаний в композите главным образом определяется свойствами полимерной матрицы, изучение ее свойств в зависимости от типа структурообразующих параметров является актуальной задачей. Цель статьи заключается в определении изменений динамических свойств этиленвинилацетата при добавлении в него наполнителей различного типа. Ведущим методом исследования данной проблемы является метод динамического механического анализа, позволяющий получить информацию об изменении динамических характеристик под действием динамической нагрузки и контролируемой температуры и частоты. С помощью выявленных закономерностей удалось определить тип наполнителя, существенно смещающего температуру стеклования пластифицированного этиленвинилацетата в сторону положительных температур. Выявлен тип наполнителя, при котором максимум механических потерь принимает наибольшие значения. Полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования динамических механических свойств композитов, а также для разработки вибропоглощающих полимерных композиционных материалов на основе этиленвинилацетата, эффективных в широком диапазоне температур.

Ключевые слова: этиленвинилацетат, слюда, тальк, технический углерод, динамические свойства, наполнитель**INFLUENCE OF FILLER TYPE ON DYNAMIC PROPERTIES OF DAMPING POLYMER
COMPOSITIONAL MATERIALS BASED ON ETHYLENE-VINYL ACETATE****Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Avdonin V.V.***Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vyatka State University», Kirov,
e-mail: alexeyqwerty@mail.ru*

This article is devoted to the actual problem of the development of damping polymer materials which are effective in a wide range of working capacity. Effectiveness of a vibration damping in a composite is mainly defined by properties of a polymeric matrix, that's why studying of its properties depending on type of gel-forming parameters is an urgent task. The purpose of this article is to determine the changes in the dynamic properties of the polymer ethylene-vinyl acetate with the addition of fillers in it various type. The leading method to investigate this problem is the method of dynamic mechanical analysis, which allows to obtain information about changes in dynamic characteristics under the influence of dynamic load and controlled temperature. According to the received regularities it was possible to define the filler type significantly displaces glass transition of plasticized ethylene-vinyl acetate towards positive temperatures. The type of filler is established at which the maximum of mechanical losses assumes high values. The received dependences can be used as input data for analytical prediction of dynamic mechanical properties of composites, as well as for the development of damping polymer composite materials based on ethylene-vinyl acetate, effective in a wide temperature range.

Keywords: ethylene-vinyl acetate, mica, talc, carbon black, dynamic properties, filler

Вибрация зачастую приводит к нежелательным последствиям, таким как неприятный звук, динамические напряжения, которые в свою очередь вызывают усталость и разрушение конструкции, снижают надежность и прочностные характеристики [1, 2]. Наиболее эффективными материалами, снижающими вибрацию в конструкциях, являются полимерные композиционные материалы. Наивысшие демпфирующие свойства у таких материалов проявляются при температурах, при которых полимер, из которого состоит композит, находится вблизи температуры стеклования [3, 4]. В пределах данной температуры у полимеров ярко выражена диссипация механической энергии в тепло из-за наступления координированного движения молекулярных цепей [5, 6].

Эффективность полимерных композиционных материалов, поглощающих энергию колебаний, по сравнению с другими типами композиционных материалов (керамические, металлические и т.д.) обусловлена тем, что у полимеров наблюдается более широкая переходная область от высокоэластичного состояния к стеклообразному, в которой наблюдаются максимальные механические потери. Этот интервал температур определяет диапазон наиболее эффективного применения вибропоглощающих полимерных композиционных материалов. Однако высокомолекулярные соединения проявляют данные свойства в недостаточно широком диапазоне температур – 20–30 °С вблизи их температуры стеклования (T_g). Поэтому полимеры не используются в чистом

виде для производства вибропоглощающих композиционных материалов. Существует несколько методов модифицирования динамических свойств полимеров [7–10]. Например, одним из таких методов является добавление различных видов наполнителей к полимерной матрице [11–13].

Цель исследования: установить экспериментальные зависимости тангенса угла механических потерь и модуля упругости в зависимости от типа наполнителя для полимерных композитов на основе этиленвинилацетата для возможности выбора наполнителя исходя из эксплуатационных и других требований, предъявляемых к вибропоглощающему материалу.

Материалы и методы исследования

В качестве полимерной основы использовался этиленвинилацетат марки LG EVA ES 28005 (LG Chem, Южная Корея), содержание винилацетатных звеньев составляет 28%.

В роли пластификатора при изготовлении экспериментальных образцов применялся хлорпарафин ХП-470 (ХП) ТУ 2493-379-05763441-2002 (ВитаХим, Россия). Процентное содержание ЭВА/пластификатор по объему – 60/40.

Форма частиц является важным фактором, влияющим на динамические свойства вибропоглощающих полимерных композиционных материалов. Учитывая данный критерий, в качестве наполнителей использовались: слюда, тальк, технический углерод с чешуйчатой, пластинчатой и сферической формами частиц соответственно. Все вибропоглощающие полимерные материалы по степени их наполнения дисперсными наполнителями делят на две группы: мало-наполненные (объемное содержание наполнителя 0–0,3) и высоконаполненные (объемное содержание наполнителя 0,3–0,7) композиты [14]. Первые обладают повышенной деформативностью, вторые имеют более высокий модуль упругости и соответственно прочность относительно ненаполненного полимера. Исходя из этих условий было принято 40% содержания наполнителя по объему в составе композита.

Полимерные смеси изготавливали при помощи лабораторного смесителя периодического действия с тангенциальными роторами. Первоначально перемешивали полимер при температуре 120 °С при числе оборотов 44 об/мин в течение 20 мин. Далее полимер совмещали с пластификатором при аналогичных параметрах смешения и добавляли наполнитель. Полу-

ченную смесь затем раскатывали на вальцах до получения материала в виде листов толщиной 2 мм.

Составы и марки исследуемых композитов приведены в табл. 1.

Для получения динамических свойств исследуемых композитов применяли динамический механический анализ (ДМА). DMA экспериментальных образцов в виде диска толщиной и диаметром 2 мм был выполнен с использованием прибора Netzsch DMA 242 С. Динамический модуль упругости и тангенс угла механических потерь определяли в диапазоне температур от –70 °С до +10 °С при частоте 1 Гц, 10 Гц.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты изменения тангенса угла механических потерь ($tg\delta$) и динамического модуля упругости (E') от температуры для различных наполненных композитов и пластифицированной смеси показаны на рис. 1, 2.

Из рис. 1 видно, что все наполнители закономерно увеличивают температуру стеклования композитов на основе ЭВА и смещают максимум тангенса угла механических потерь в сторону положительных температур относительно бинарной смеси ЭХ. Например, при частоте 1 Гц у этиленвинилацетата, пластифицированного хлорпарафином, T_g равна –60 °С, а температура стеклования композитов, наполненных слюдой, тальком и техническим углеродом, составляет –54 °С, –52 °С и –31 °С соответственно.

Наибольшее смещение температуры стеклования и соответственно максимума $tg\delta$ в область более высоких температур при 1 Гц наблюдается у композита, наполненного техническим углеродом, и составляет 29 °С (рис. 1, а). При частоте 1 Гц максимум тангенса угла механических потерь ненаполненного ЭВА существенно больше максимальных значений $tg\delta$ наполненных композитов. При переходе к положительным температурам наибольшие значения тангенса угла механических потерь наблюдаются у наполненных композитов. Например при частоте 1 Гц и температуре 0 °С тангенс угла механических потерь композитов с тальком, слюдой и техническим

Таблица 1

Составы и марки исследуемых композитов

Структурообразующий компонент	Марка композита			
	ЭХ	ЭХ + С	ЭХ + Т	ЭХ + У
	Содержание в процентах по объему (содержание в масс. ч.)			
ЭВА	60 (75)	36 (75)	36 (75)	36 (75)
ХП	40 (66)	24 (66)	24 (66)	24 (66)
Слюда	–	40 (252)	–	–
Тальк	–	–	40 (236)	–
Технический углерод	–	–	–	40 (125)

углеродом составляет 0,197, 0,193 и 0,211 соответственно, а для системы ЭВА/пластификатор $tg\delta$ равен 0,128 при той же температуре. Эти зависимости хорошо согласуются с теоретическими данными, согласно которым введение наполнителей приводит к увеличению относительных потерь в областях выше температуры стеклования [15].

Тангенс угла механических потерь у композитов с тальком и слюдой имеет высоту пика намного больше, по сравнению с максимумом $tg\delta$ композита, наполненного техническим углеродом. Например, при частоте 1 Гц значения $tg\delta$ для композитов наполненных слюдой, тальком и техническим углеродом, составляют 0,315; 0,357 и 0,253 соответственно.

Из графиков на рис. 2 видно, что все наполнители с объемным содержанием 40% повышают динамический модуль упругости композита относительно ненаполненного ЭВА. Наибольшие значения динамического модуля упругости в высокоэластической области материалов наблюдаются у композита, наполненного техническим углеродом (рис. 2). Как видно из рис. 2, наибольшие значения динамического модуля упругости в переходной области имеет ЭВА, наполненный слюдой. Сравнивая значения динамического модуля упругости и тангенса угла механических потерь композитных систем с тальком и слюдой, можно увидеть, что E' и $tg\delta$ уменьшаются при переходе композитов к положительным температурам (рис. 1, 2).

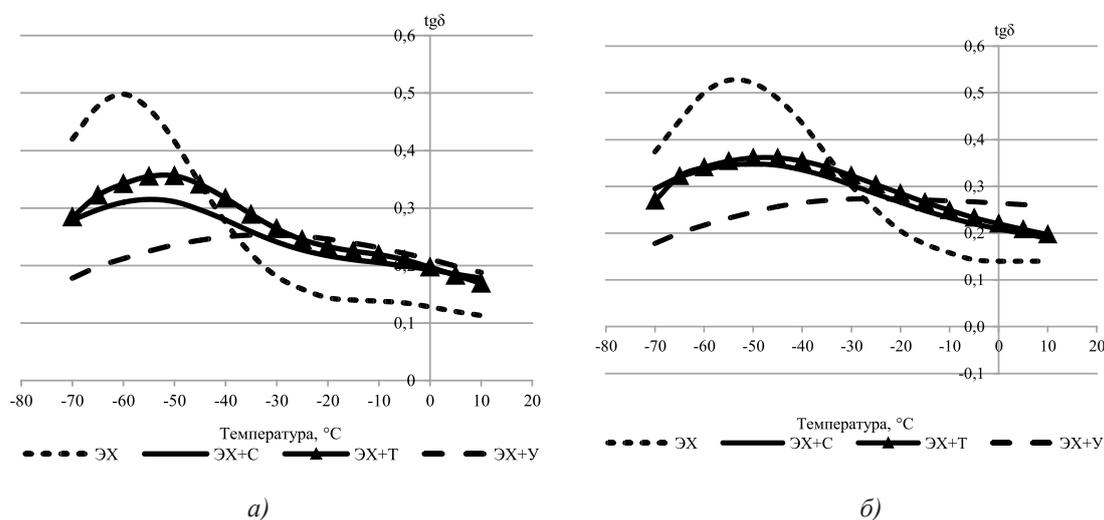


Рис. 1. $tg\delta$ исследуемых композитов: а) при частоте 1 Гц; б) при частоте 10 Гц

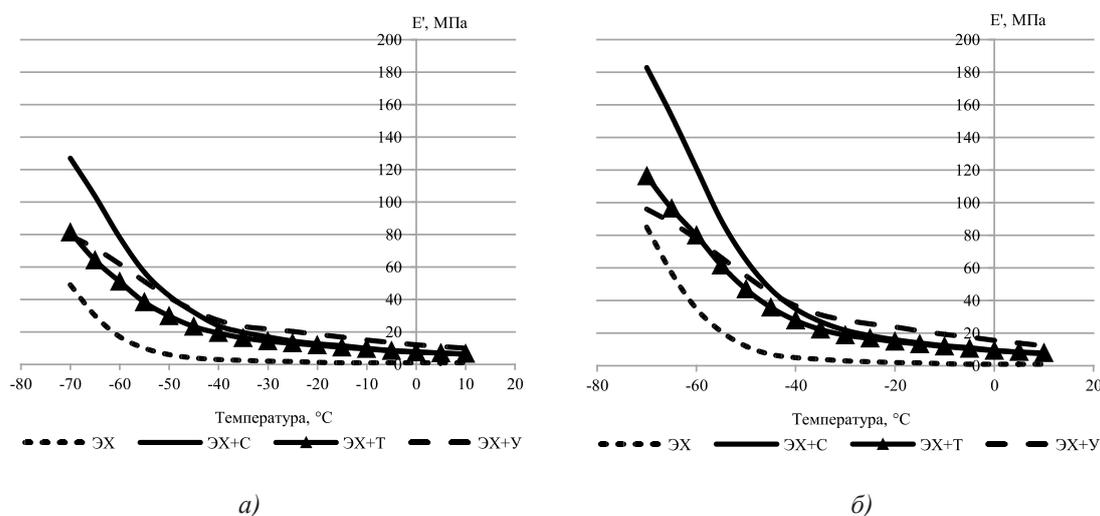


Рис. 2. Динамический модуль упругости исследуемых композитов: а) при частоте 1 Гц; б) при частоте 10 Гц

Таблица 2

Характеристики наполнителей

Удельная поверхность, м ² /г	Показатель	Наполнитель		
	Источник	Технический углерод	Тальк	Слюда
	Метод газопроницаемости Козени и Кармана*	4,65	1,35	1,04
	[21]	7–770	2,6–35	–

Примечание. *Измерения проводились Белгородским государственным технологическим университетом им. В.Г. Шухова с помощью прибора ПСХ-12. Дата проведения 11.07.2018 г.

Аналогичная ситуация происходит при высоких частотах (рис. 1, б, рис. 2, б).

Для объяснения результатов в данной работе применяется полиструктурная теория композиционных материалов [14]. Вибропоглощающие полимерные материалы с точки зрения данного метода представляют собой трехкомпонентную модель композита, состоящую из матрицы, граничного (межфазного) слоя и наполнителя [16]. Добавление наполнителя в пластифицированный полимер приводит к образованию межфазного слоя, вызывая изменение релаксационных свойств полимера, а именно температуры стеклования, ширины пика тангенса угла механических потерь [17]. Данный процесс обусловлен возникновением адсорбции полимера на поверхности наполнителя, которая в свою очередь приводит к ограничению подвижности макромолекул, изменяет плотность упаковки полимерных цепей, их конформацию и ориентацию вблизи твердой фазы [18]. Таким образом, релаксационные процессы, происходящие в полимерах, зависят от сегментальной подвижности полимерных цепей.

Скорей всего увеличение T_c исследуемых композитов обусловлено тем, что введение наполнителя приводит к ограничению сегментальной подвижности $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OCOCH}_3)-\text{CH}_2-$ групп и образованию адгезионной связи «полимер-наполнитель» [19]. Величина смещения температуры стеклования пропорциональна площади поверхности наполнителя и возрастает с уменьшением размеров его частиц или увеличением степени активности [18]. Слюда согласно данным табл. 2 обладает низкой степенью активности по сравнению с другими наполнителями. Замена слюды на более активный наполнитель – тальк приводит к тому, что отношение смещений температур стеклования (ΔT_c) композитов, наполненных тальком и слюдой, пропорционально отношению удельных поверхностей (ΔS) данных наполнителей и составляет 1,3. Аналогично, при замене слюды на технический углерод в композите $\Delta T_c = 4,8$, а $\Delta S = 4,5$.

Из всех наполнителей, представленных в работе, технический углерод имеет наименьший размер частиц и соответственно наибольшую удельную поверхность и активность (табл. 2) [20]. Толщина граничного слоя композита напрямую связана с активностью наполнителя и определяется выражением

$$\alpha = \left(1 + \frac{2\delta}{a}\right)^3 - 1, \quad (*)$$

где α – коэффициент, выражающий отношение объема связанного полимера к объему наполнителя (мера активности наполнителя); δ – толщина граничного (межфазного) слоя; a – диаметр частиц наполнителя.

В результате с учетом выражения (*) в межфазный слой переходит большое количество полимера, что приводит к увеличению толщины граничного слоя, усилению адгезионного взаимодействия между полимером и частицами наполнителя, и образованию кластеров в композитной системе, по сравнению с другими наполнителями [14]. Этим объясняются наибольшие значения динамического модуля упругости в высокоэластичной области у композита, наполненного техническим углеродом.

На динамические свойства полимерных композитов значительное влияние могут оказывать гидроксильные группы, содержащиеся в структурообразующих компонентах. Слюда и тальк в отличие от технического углерода содержат ОН-группы, поэтому полярный ЭВА может вступать в физические взаимодействия с поверхностью таких наполнителей, что в свою очередь отражается на изменении прочностных свойств композита. По этой причине у композитов, наполненных слюдой и тальком, динамический модуль упругости в переходной области несколько выше, чем у композита с техническим углеродом. Уменьшение динамического модуля упругости и $\text{tg}\delta$ в высокоэластичной области для композитов с тальком и слюдой может быть обусловлено тем, что водородные связи, которые образуются между структу-

рообразующими компонентами, являются сравнительно слабыми и могут легко нарушаться вследствие высокой подвижности групп при переходе к более высоким температурам [22]. Наличие гидроксильных групп в тальке и слюде оказывает влияние и на значение тангенса угла механических потерь композита на основе ЭВА. Высокие значения максимума $tg\delta$ для композитов с тальком и слюдой, по-видимому, могут быть обусловлены физическим взаимодействием «полимер – наполнитель» посредством сил Ван-дер-Ваальса.

Заключение

Установлены экспериментальные зависимости тангенса угла механических потерь и модуля упругости в зависимости от типа и наполнителя для полимерных композитов на основе ЭВА, что дает возможность выбрать наполнитель для этиленвинилацетата исходя из эксплуатационных и других требований, предъявляемых к вибропоглощающему материалу.

Показано, что все наполнители вызывают увеличение динамического модуля упругости в рассматриваемом диапазоне температур. Технический углерод в сравнении с другими наполнителями наиболее сильно оказывает влияние на динамический модуль упругости в высокоэластичной области и сильнее всех смещает температуру стеклования бинарной смеси ЭВА/пластификатор.

Обнаружено, что в переходной области из всех наполнителей слюда оказывает существенное влияние на повышение динамического модуля упругости.

Установлено, что величина смещения температуры стеклования пропорциональна площади поверхности наполнителя и возрастает с уменьшением размеров его частиц или увеличением степени активности.

Наибольшее значение тангенса угла механических потерь среди наполненных полимерных систем наблюдается у композита, наполненного тальком, и составляет 0,357.

Установлено, что для разработки вибропоглощающих полимерных материалов на основе ЭВА, эффективных в диапазоне температур от 0 до -40°C , наиболее предпочтительно использовать в качестве наполнителя технический углерод. У таких композитов наиболее сильно выражено адгезионное взаимодействие между наполнителем и полимером при данных температурах. Для разработки вибропоглощающих полимерных материалов на основе ЭВА эффективных в области температур ниже -40°C наиболее предпочтительно использовать в качестве на-

полнителя слюду или тальк. Таким образом, для разработки вибропоглощающих полимерных композиционных материалов на основе ЭВА эффективных в широком диапазоне температур целесообразно использовать два типа наполнителя: технический углерод и слюду или технический углерод и тальк.

Полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования динамических механических свойств полимерных композиционных материалов, а также для разработки вибропоглощающих полимерных композиционных материалов на основе ЭВА, эффективных в широком диапазоне температур.

Работа выполнена в рамках Гранта Президента Российской Федерации (Соглашение № 075-02-2018-410 от 15 ноября 2018 г.).

Список литературы

1. Wu C.Y., Wei C.Y., Guo W.H., Wu C.F. Dynamic mechanical properties of acrylic rubber blended with phenolic resin. *Journal of Applied Polymer Science*. 2008. vol. 109. no. 4. P. 2065–2070.
2. Ratna D., Manoj N.R., Chandrasekhar L., Chakraborty B.C. Novel epoxy compositions for vibration damping applications. *Polymers for advanced Technologies*. 2004. vol. 15. no. 10. P. 583–586.
3. Shi X.Y., Bi W.N., Zhao S.G. Study on the damping of EVM based blends. *Journal of Applied Polymer Science*. 2011. vol. 120. no. 2. P. 1121–1125.
4. Shih H.H., Hamed G.R. Peel adhesion and viscoelasticity of poly(ethylene-co-vinyl acetate)-based hot melt adhesives. I. The effect of tackifier compatibility. *Journal of Applied Polymer Science*. 1997. vol. 63. no. 3. P. 323–331.
5. Shi X.Y., Bi W.N., Zhao S.G. Damping properties of blends based on EVM. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*. 2011. vol. 50. no. 10. P. 1928–1938.
6. Shi X., Jia L., Ma Y., Li C. Effects of fillers on the damping property of ethylene vinyl-acetate/poly(lactic acid) blends. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*. 2016. vol. 4. no. 2. P. 89–96. DOI: 10.4236/msce.2016.42010.
7. Chang S., Cunbin Z., Lihuan X., Cheng Z. Effects of chemical structure of phenolic resin on damping properties of acrylate rubber-based blends. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*. 2015. vol. 54. no. 2. P. 177–189. DOI: 10.1080/00222348.2014.996463.
8. Xiaozhen H., Ming Q., Xinyan S. Damping properties of ethylene-vinyl acetate rubber/poly(lactic acid) blends. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*. 2016. vol. 4. no. 3. P. 15–22. DOI: 10.4236/msce.2016.43003.
9. Xiang P., Zhao X.Y., Xiao D.L., Lu Y.L., Zhang L. Q. The structure and dynamic properties of nitrile-butadiene rubber/poly(vinyl chloride)/hindered phenol crosslinked composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 2008. vol. 109. no. 1. P. 106–114.
10. Wang Y., Yan H., Huang Z., Zhang T. Mechanical, dynamic mechanical and electrical properties of conductive carbon black/piezoelectric ceramic/chlorobutyl rubber composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. 2012. vol. 51. no. 1. P. 105–110.
11. Zhang R., He X., Lai Z. Effect of some inorganic particles on the softening dispersion of the dynamics of butyl rubber. *Polymer Bulletin*. 2017. vol. 74. no. 4. P. 1031–1043.
12. Valentova H., Ilcikova M., Czanikova K., Spitalsk Z., Slouf M., Nedbal J., Omastova M. Dynamic mechanical and

dielectric properties of ethylene vinyl acetate/carbon nanotube composites. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*. 2014. vol. 53. no. 3. P. 496–512.

13. Ma J.H., Zhang L.Q., Wu Y.P. Characterization of filler-rubber interaction, filler network structure and their effects on viscoelasticity for styrene-butadiene rubber filled with different fillers. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*. 2013. vol. 52. no. 8. P. 1128–1141.

14. Соломатов В.И., Бобрышев А. Н., Химмлер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве. М.: Стройиздат, 1988. 312 с.

15. Мэнсон Дж., Сперлинг Л. Полимерные смеси и композиты. М.: Химия, 1979. 440 с.

16. Черкасов В.Д., Юркин Ю.В., Авдонин В.В. Прогнозирование демпфирующих свойств композита с учетом температурной зависимости свойств полимера // *Вестник ТГАСУ*. 2012. № 4. С. 216–225.

17. Комова Н.Н., Потапов Е.Э., Грусков А.Д., Заиков Г.Е. Особенности принципа температурно-временной эквивалентности в полиэтилене низкой плотности, наполненном шунгитом // *Вестник МИТХТ*. 2013. Т. 8. № 1. С. 24–35.

18. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. М.: Химия, 1978. 301 с.

19. Галиханов М.Ф., Еремеев Д.А., Дебердеев Р.Я. Влияние наполнителя на поляризуемость полярного полимера в коронном разряде // *Вестник Казанского технологического университета*. 2003. № 2. С. 374–378.

20. Rother R. Fillers for polymer application. Springer, 2017. 489 p.

21. Wypych G. Handbook of fillers. Fourth edition. ChemTec Publishing, 2016. 922 p.

22. Соломатов В.И., Выровой В.Н., Бобрышев А.Н. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов. Ташкент: Фан, 1991. 345 с.

УДК 004.942:007.3

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА СОВЕРШЕНСТВУЕМЫХ СИСТЕМ

Гейда А.С.*ФГБУН «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации»
Российской академии наук (СПИИРАН), Санкт-Петербург, e-mail: Geida@iias.spb.su*

В работе представлены концептуальные и формальные модели, разработанные для аналитического оценивания показателей потенциала совершенствуемых систем с использованием аналитических математических моделей. Свойство потенциала систем было определено, как комплексное операционное свойство системы, характеризующее приспособленность системы к достижению изменяющихся целей. Совершенствуемые системы – системы, которые должны изменяться в результате воздействий среды. Исследование потенциала систем выполнено на примере технологических систем. Концептуальная модель разработана методом представления концептов и их связей в формате mind maps. Она позволяет перейти к теоретико-графовым моделям функционирования системы с использованием моделей альтернативных стохастических симплицированных сетей. Представлен метод линеаризации, позволяющий порождать функциональные модели и затем программные модели из разработанных теоретико-графовых моделей. Полученные модели позволяют рассчитывать показатели потенциала системы и показатели эффективности использования информационной технологии. Для этого использован метод оценивания на основе определения мер возможности соответствия требуемых средой состояний системы и прогнозируемых при функционировании состояний системы. В дальнейшем предполагается использование предложенных моделей и методов оценивания потенциала систем для решения задач анализа потенциала систем и эффективности использования информационных технологий.

Ключевые слова: потенциал систем, операционные свойства, эффективность, результативность, потенциальные возможности, информационные технологии, эффективность использования информационных технологий

MODELS AND METHODS OF REFINED SYSTEM'S POTENTIAL ANALYTICAL ESTIMATION

Geyda A.S.*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS),
Saint-Petersburg, e-mail: Geida@iias.spb.su*

Conceptual and formal models developed for estimation of indicators of refined system's potential with use of mathematical models are presented in the article. The property of system's potential has been defined as the complex operational property of system characterizing its correspondence to achievement of changing goals in the rapidly changing environment. This property is similar to dynamic capability of firm but defined as systemological property of refined system. The research of system's potential is executed on the example of technological systems. The conceptual model is developed by method of representation of concepts and their communications in the mind maps format. It allows passing to graph theoretic representation of system functioning, representation of system and its functioning changes with use of alternative stochastic simplex networks models. The linearization method allowing generating functional models and then, program models from the developed graph theoretic models is presented. The models obtained allow calculating indicators of system's dynamic capabilities and information technology usage efficiency indicators. Method to measure such indicators suggested. It is based on possibility measure of compliance of the effects predicted characteristics to their required values. It is supposed to use models and methods offered for the solution of mathematical problems of analysis of refined system's potential, dynamic capabilities indicators and problems of efficiency of information technologies usage indicators analysis.

Keywords: capabilities, dynamic capabilities, potential, effectiveness, efficiency, information technology efficiency

В работе представлены основные фрагменты концептуальных и аналитических математических моделей, разработанных для оценивания показателей потенциала совершенствуемых систем. Свойство потенциала систем было определено как комплексное операционное свойство системы, характеризующее приспособленность системы к достижению изменяющихся целей. Совершенствуемые системы – системы, которые должны изменяться в результате воздействий среды. Изменяющаяся цель – действительная и возможные цели. Изменение целей происходит в результате воздействия среды и мо-

жет потребовать дополнительных операций для перехода к функционированию системы для достижения одной из возможных, актуализированных в результате действий среды, целей. Кроме изменения целей среда может вызывать случайные события при функционировании системы, ведущие к необходимости выполнения дополнительных операций при функционировании системы. В результате для учета изменяющихся воздействий среды возникает необходимость исследования того, какие у системы есть возможности по реагированию на указанные воздействия, по изменению системы и ее функциониро-

вания для того, чтобы функционирование лучше соответствовало изменяющимся требованиям среды. Такие возможности и моделируются при исследовании (оценивании, анализе, синтезе) потенциала систем. Исследование потенциала систем выполнено на примере технологических систем. Важнейшей особенностью исследования потенциала систем является необходимость моделирования использования информационных технологий, поскольку проверка состояний системы и среды, а затем выработка предписаний по реагированию на изменения реализуется информационными операциями в соответствии с той или иной информационной технологией. Моделирование такого использования выполнено на основе концептуальной модели взаимосвязи информационных и неинформационных операций (действий) при функционировании систем в условиях изменений среды. Концептуальная модель разработана методом представления концептов и их связей в формате mind maps. Она позволяет затем перейти к теоретико-графовому представлению функционирования системы, изменений системы и ее функционирования с использованием моделей альтернативных стохастических симплицированных сетей. Эти сети отличаются описанием, с использованием информационных операций разного вида, возможных альтернатив (ветвлений) при выполнении комплексов операций. Альтернативы связаны с воздействием среды и реакциями системы на такие воздействия, и они реализуются за счет выполнения информационных операций, изменяющих сведения о состоянии системы и среды, а затем изменяющих предписания по выполнению операций на рабочих местах системы. Методом линеаризации из полученных моделей получены модели деревьев последовательностей возможных состояний при функционировании системы в условиях изменений воздействий среды. Каждая ветвь такого дерева соответствует одному из возможных функционирований системы с использованием заданных способов реализации информационных операций в заданных условиях среды. Расчет эффектов такого функционирования реализуется на основе традиционных методов расчета стохастических сетей работ (мероприятий). Каждой ветви, и соответственно, стохастической сети работ сопоставляется еще и мера возможности реализации именно этой ветви в результате событий при функционировании системы и соответствующих группам таких событий ветвлений дерева. Полученный комплекс моделей функционирования помеченного характеристиками состояний и переходов между ними (событий) дерева последовательностей возможных состояний при функционировании

системы в условиях изменений воздействий среды и соответствующей ему альтернативной стохастической симплицированной сети позволяет рассчитать показатели потенциала системы и показатели эффективности использования информационной технологии. Для такого оценивания использован метод оценивания на основе определения мер возможности требуемого соответствия требуемых средой состояний системы и прогнозируемых при функционировании состояний системы.

Цель исследований: разработать такие модели и методы их использования, которые позволили бы научно обоснованно, с использованием аналитических прогнозных математических моделей выполнить расчеты характеристик результатов функционирования систем (эффектов), к которым предъявляются изменяющиеся требования со стороны среды. Такие эффекты должны рассчитываться с учетом характеристик возможных последовательностей воздействий среды, реализации, в связи с каждой последовательностью, необходимых информационных и затем зависящих от них причинно-следственной связью неинформационных действий и результатов последовательностей таких действий. Полученные характеристики эффектов и характеристики, в том числе меры возможности, реализации возможных последовательностей воздействий среды, позволяют перейти к разработке: методов оценивания показателей потенциала систем, методов оценивания эффективности использования информационных технологий при функционировании систем в условиях изменения воздействий среды.

Материалы и методы исследования

Основой для построения разработанных моделей и предложенных методов их использования при оценивании показателей является концептуальная модель исследования потенциала систем [1–3], записанная с использованием формата представления понятий и их связей mind maps. Модель в таком формате позволяет преобразовывать полученный файл в распространенные форматы представления знаний, такие как OWL. Концепты и принципы связаны в комплекс с использованием схем использования концептов. Пример схемы показан на рис. 1. Эта схема описывает закономерность, состоящую в том, что при реализации последовательностей технологических операций (ТлОп) сначала выполняются технологические информационные операции (ТИО) по проверке (изменившихся) состояний элементов и среды, затем – ТИО по выбору изменившихся ТлОп (при необходимости). ТИО вызываются изменениями состояний системы и среды. Их целевой результат – информация о том, в каком состоянии находятся ТС, ее среда и что следует в связи с этим изменить. Затем на практике реализуются связанные с информационными причинно-следственной связью технологические неинформационные операции (ТНИО). В результате

целенаправленно меняются неинформационные эффекты (вещества, энергии).

Технологическая информационная операция (ТИО) – это информационное действие, выполняемое в соответствии с технологической документацией (например: инструкциями, описаниями).

Технологическая неинформационная операция (ТНО) – это неинформационное действие, выполняемое в соответствии с технологической документацией. Технологические информационные операции выполняются в соответствии с той или иной информационной технологией (ИТ). На основе этой и других схем использования концептов порождаются сначала теоретико-графовые, а затем параметрические и функциональные модели функционирования системы в условиях изменений среды. Фрагменты теоретико-графовых моделей показаны на рис. 2 и рис. 3. Они построены на примере простейшей модели функционирования системы в условиях изменений среды, порожденной из традиционной сетевой модели выполнения ТлОп (четырёх ТлОп в рассматриваемом примере). Такое порождение из традиционной модели позволяет лучше описать существенные отличия предложенных моделей от традиционных. А именно, в традиционной сетевой модели связи между работами (соответствуют вершинам 1–4) предопределены. В предлагаемой модели, описываемой нотацией альтернативных стохастических симплицированных сетей, возможны различные (альтернативные) последовательности связей и различный состав работ. Связи между альтернативами и возможные ветвления определяются ТИО разного вида. Сеть разбита на слои информационных и вызываемых ими неинформационных операций (переданы овалами).

На основе этой модели *методом линеаризации* формируются деревья симплексов состояний при функционировании (совершенствуемой) системы (рис. 3). Эти деревья формируются рекуррентно, по слоям, могут иметь вложенную структуру (для передачи отношений одновременности реализации состояний на разных рабочих местах).

Метод линеаризации состоит в последовательном переборе возможных ветвлений при реализации ТИО альтернативной стохастической симплицированной сети и последующих за ними состояний, реализуемых при условии последовательности ветвлений – так, чтобы ветви дерева возможных симплексов состояний при функционировании системы соответствовали одной из возможных последовательностей воздействий среды, используемых ТИО и зависящих от них ТНИО. Расчет эффектов реализуется последовательным переходом по состояниям в результате реализации последовательности ТлОп (ТИО и ТНИО) и пересчета получаемых промежуточных эффектов. Предполагается, что при переходе в следующее состояние переход условен, при условии реализации только одного состояния из множества предшествующих состояний. От других предшествовавших состояний вероятность перехода не зависит. Это предположение дает возможность линеаризовать расчеты случайных величин и вероятностей, ассоциированных с каждой ветвью дерева. *Линеаризация расчетов* реализуется путем описания моделей переходов между состояниями (которые реализуются за счет информационных и неинформационных мероприятий тем или иным способом в тех или иных условиях) в виде отображений случайных состояний, таких, что результатом отображения может быть множество случайных состояний и закон распределения вероятностей реализации каждого из этих состояний. В результате получают рекуррентную последовательность отображений случайных величин и к окончанию расчета каждой ветви состояний соответствует вектор случайных эффектов функционирования при условии реализации состояний и событий ветви и мера возможности (вероятность) того, что все события ветви реализуются. В результате возможные последовательности состояний фиксируются в виде дерева возможных состояний с заданными на нем вероятностями реализации состояний при условии реализации единственного предшествующего состояния.

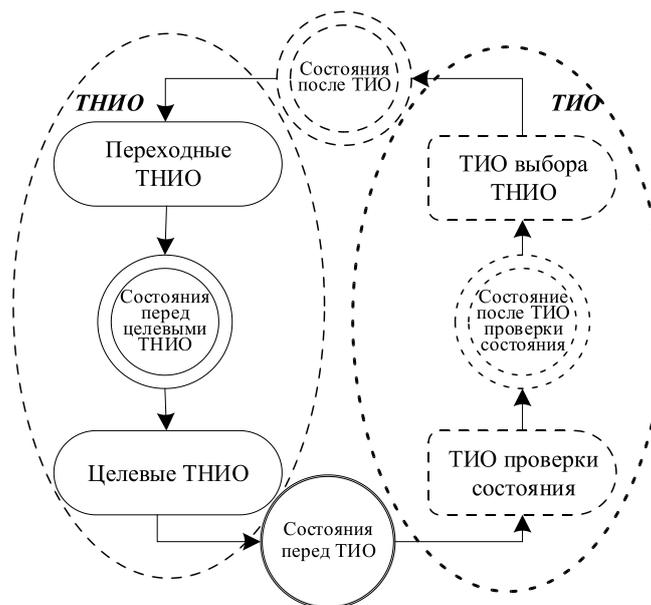


Рис. 1. Пример схемы использования концептов

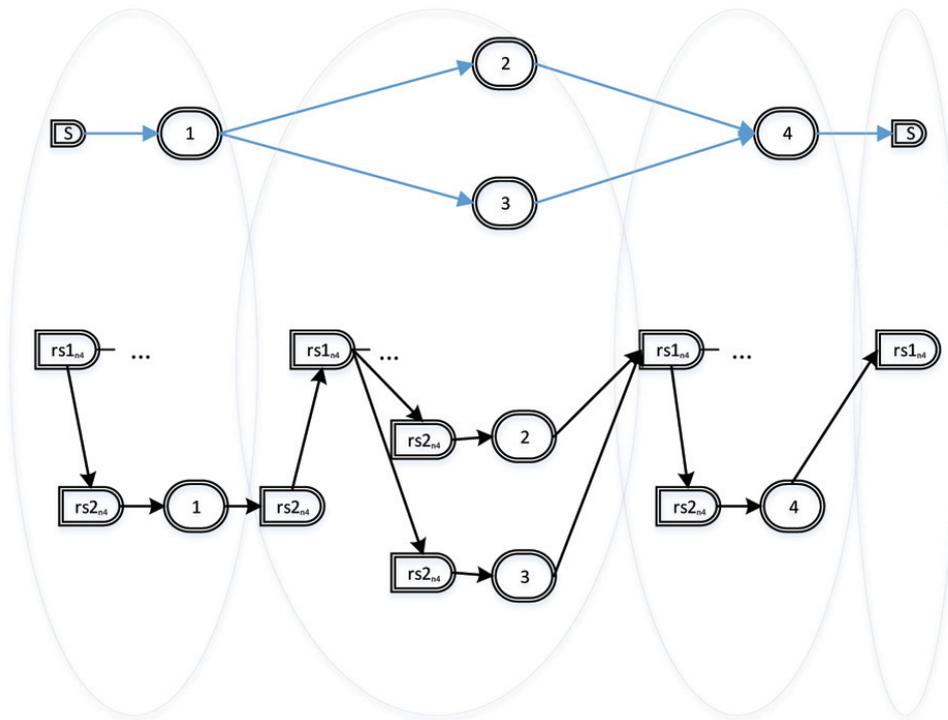


Рис. 2. Альтернативная стохастическая симплицированная сеть, соответствующая заданной традиционной сети

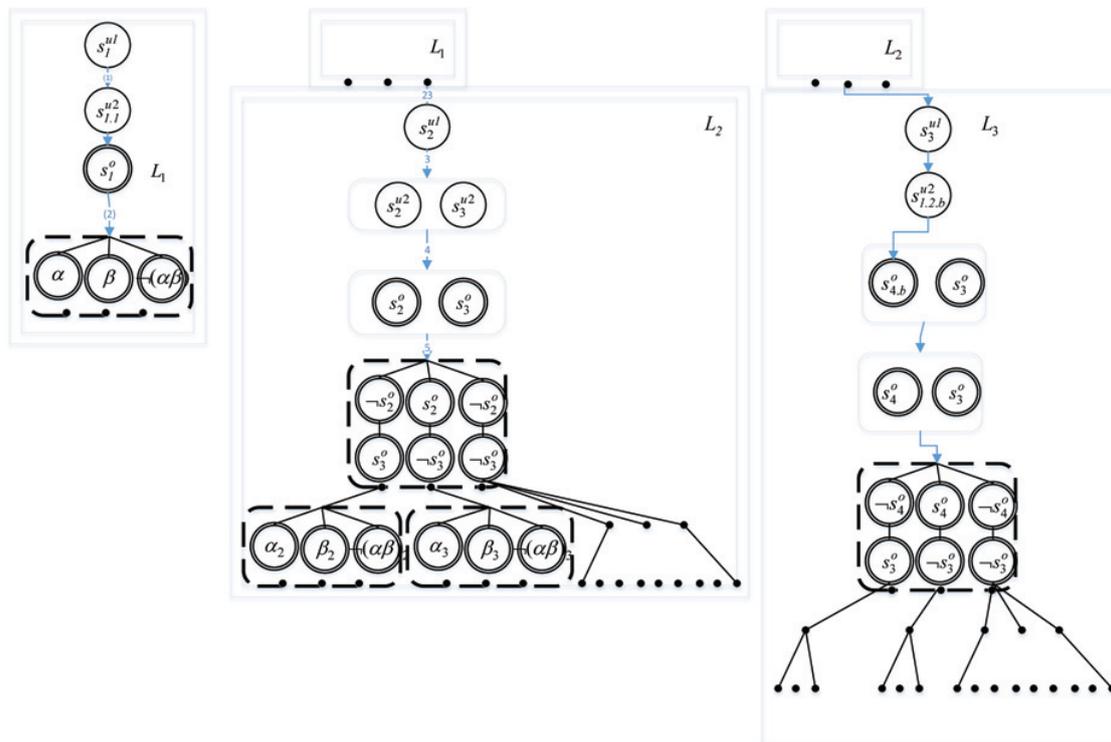


Рис. 3. Фрагмент формируемого дерева возможных симплексов состояний при функционировании системы

Обозначим:

$C_i = \langle C_i^{cp}, C_i^{cmc}(C_i^{cp}) \rangle$ – i -я ветвь дерева возможных симплексов состояний при функционировании совершенствуемой системы $C_i^{cmc}(C_i^{cp})$ в заданных условиях функционирования среды C_i^{cp} . Ветвь дерева возможных симплексов состояний ассоциирована с одним из исходов функционирования среды и системы с использованием заданной информационной технологии.

P – вероятность наступления случайного события.

$\tilde{Y}_{j,i}(C_i)$ – (случайное) значение j -го эффекта функционирования к окончанию исхода, ассоциированного с C_i . Например, затраты времени персонала на реализацию комплекса работ, затраты электроэнергии в результате реализации состояний и событий C_i .

$\tilde{Y}_{j,i}^n(C_i)$ – директивные (требуемые) значения эффектов функционирования при исходе функционирования системы и среды C_i .

$W_i(C_i)$ – вероятность удовлетворения требований при исходе функционирования C_i .

$T_c(h)$ – дерево возможных состояний при функционировании совершенствуемой системы в заданных условиях функционирования среды, построенное при условии использования h -й ИТ. Ветви $\{C_i, i = I, J\}$ дерева ассоциированы с исходами функционирования системы и ее среды.

$W_i(C_i) = \prod_{j=1, J} P(\tilde{Y}_{j,i}(C_i) \leq Y_{j,i}^n(C_i))$ – показатель

эффективности функционирования системы при условии реализации исхода C_i функционирования среды и системы.

$p_i(C_i) = \prod_{k: \varphi_{i,k} \in C_i} p_{i,k}(C_i)$ – вероятность p_i реали-

зации исхода C_i функционирования системы и среды. Предполагается, что эта вероятность может быть рассчитана как произведение вероятностей $p_{i,k}(C_i)$ реализации исходов мероприятий, входящих в C_i , то есть исходы мероприятий независимы. Оценивать результаты функционирования совершенствуемой системы с использованием заданной h -й ИТ следует по всем возможным исходам функционирования дерева $T_c(h)$. Этому требованию, в частности, удовлетворяет скалярный показатель потенциала СТС – функция потенциала [2–4] при использовании h -й ИТ:

$$\Psi(T_c(h)) = \sum_{C_i \in T_c(h)} (W_i(C_i) \cdot p_i(C_i)).$$

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты позволяют оценивать показатели потенциала совершенствуемых систем, эффективности использования информационных технологий в разных областях техники [5–7] и бизнеса [8], которые следует оценивать при исследовании функционирования систем в условиях изменения воздействий среды [9–11]. Оценивание выполняется в зависимости от состава и характеристик используемых операций, используемой информационной технологии, от последовательностей информационных и неинформационных действий. Это дает возможность использовать полученные модели и методы для решения задач анализа потенциала совершенствуемых

систем и эффективности использования информационных технологий, а затем – синтеза характеристик совершенствуемых систем и их функционирования, характеристик информационных действий по показателям потенциала и эффективности использования информационных технологий [12–15].

Заключение

В дальнейшем предполагается использование предложенных моделей и методов оценивания для решения практических задач анализа потенциала систем и эффективности использования информационных технологий – например, при исследовании эффективности использования технологий распределенных реестров, эффективности роботизации производства.

Список литературы

1. Гейда А.С., Лысенко И.В. Автоматизация решения задач исследования потенциала систем и эффективности их функционирования // Труды СПИИРАН. 2012. Вып. 22. С. 260–281.
2. Гейда А.С., Лысенко И.В., Седлов Е.П. Методика планирования инновационной деятельности // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 18. С. 301–319.
3. Гейда А.С., Лысенко И.В., Седлов Е.П. Планирование инновационной деятельности с учетом приоритетности изделий // Системы управления и информационные технологии. 2011. Т. 45. № 3–2. С. 220–224.
4. Гейда А.С., Лысенко И.В., Нехорошкин Н.И., Тремасов А.Д. Оценивание социально-экономических потенциалов для аудита отраслевых и региональных стратегий развития // Государственный аудит. Право. Экономика. 2011. № 1. С. 13–17.
5. Scott M., DeLone W., Golden W. Measuring eGovernment success: a public value approach. European Journal of Information Systems. 2016. Vol. 25 (3). P. 187–208. DOI: 10.1057/ejis.2015.11.
6. Bayne L., Schepis D., Purchase S. A framework for understanding strategic network performance: Exploring efficiency and effectiveness at the network level. Industrial Marketing Management. 2017. Vol. 67. P. 134–147. DOI: 10.1016/j.indmarman.2017.07.015.
7. Stojcic N., Hashi I., Orlic E. Creativity, innovation effectiveness and productive efficiency in the UK. European Journal of Innovation Management. 2018. P. 1460–1060.
8. Yang Z., Yong S., Hong Y. Scale, congestion, efficiency and effectiveness in e-commerce firms // Electronic Commerce Research and Applications. 2016. Vol. 20. P. 171–182. DOI:10.1016/j.elerap.2016.07.003.
9. Matinheikki Y., Pesonen T., Arto K., Peltokorpi A. New value creation in business networks: The role of collective action in constructing system-level goals. Industrial Marketing Management. 2017. Vol. 7. P. 122–133.
10. Shelly P., Straub D., Liang T. How Information Technology Governance Mechanisms and Strategic Alignment Influence Organizational Performance: Insights from a Matched Survey of Business and IT Managers. MIS Quarterly. 2015. Vol. 39. P. 497–518. DOI: 10.1016/j.misq.2016.09.004.
11. Mikalef P., Pateli A. Information technology-enabled dynamic capabilities and their indirect effect on competitive performance: Findings from PLS-SEM and fsQCA. Journal of Business Research. 2017. Vol. 70. P. 1–16.
12. Wetering V., Mikalef P., Adamantia P. A strategic alignment model for IT flexibility and dynamic capabilities: Toward an assessment tool. Twenty-Fifth European Conference on Information Systems (ECIS). Guimarães, Portugal. 2017. P. 1–17.
13. Laaksonen O., Peltoniemi M. The essence of dynamic capabilities and their measurement. International Journal of Management Reviews. British Academy of Management. 2018. Vol. 20 (2). P. 184–205. DOI: 10.1111/ijmr.12122.
14. Schilke O., Hu S., Helfat C. Quo vadis, dynamic capabilities? A content-analytic review of the current state of knowledge and recommendations for future research. Academy of Management Annals. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 390–439.
15. Zainal Arifin. Dynamic capability and Technology adoption: for improving Firm performance. LAP Lambert, 2017. 148 p.

УДК 622.233

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗБОРНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА С МНОГОРЯДНЫМ ВООРУЖЕНИЕМ

Гилев А.В., Бовин К.А., Шигин А.О., Гилёва Н.Н., Черенов Э.В.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: anatoliy.gilev@gmail.com, kocht.91@mail.ru, shigin27@rambler.ru, natalgileva@yandex.ru, ed_x@mail.ru

Одной из важных характеристик бурового инструмента является его напряженно-деформированное состояние (НДС), так как не всегда учитывается то, что его предварительный анализ позволяет более целенаправленно формировать конструкцию и свойства исследуемого объекта. Цель работы. Исследование прочностных характеристик разборного бурового инструмента фрезерного типа на стадии проектирования с целью исключения дорогостоящих натурных испытаний промышленных образцов. Задачи. Определение напряженно-деформированного состояния элементов разборного бурового инструмента. Материалы и методы исследования. Прочностные расчеты НДС выполнены при условии максимальных нагрузок, действующих на долото ДРДФ-244,5-2 со стороны бурового станка и забоя скважины, и неравномерного их распределения по элементам долота, с применением конечно-элементных технологий моделирования в программной среде ANSYS. Приведены конечно-элементная модель долота ДРДФ и диаграмма качества элементов. Представлено моделирование приложения максимальных нагрузок, действующих на буровой инструмент (осевого $P_{ос}$ и момента вращения $M_{вр}$) со стороны бурового става. Для получения достоверных результатов распределения полей эквивалентных напряжений проведено моделирование граничных условий нагружения при взаимодействии твердосплавного вооружения долота с забоем скважины. Результаты исследований и их обсуждение. Представлены результаты распределения полей эквивалентных напряжений, возникающих в корпусе долота, осях вращения и зубчато-дисковых фреззах с двухрядным твердосплавным вооружением для двух случаев нагружения: 1 – вся нагрузка делится равномерно на три зубчато-дисковые фрезы, 2 – самый тяжелый случай нагружения, при котором вся нагрузка приходится на одну зубчато-дисковую фрезу. Выводы. Приведены выводы о работоспособности долота ДРДФ и даны рекомендации для снижения действующих напряжений по отдельным элементам долота, а также его применения на открытых горных работах.

Ключевые слова: осевое усилие, бурение взрывных скважин, напряженно-деформированное состояние, буровой инструмент, расчетная модель, эквивалентное напряжение

STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE DISCHARGE DRILLING TOOL WITH MULTIPLE EQUIPPING

Gilev A.V., Bovin K.A., Shigin A.O., Gileva N.N., Cherenov E.V.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: anatoliy.gilev@gmail.com, kocht.91@mail.ru, shigin27@rambler.ru, natalgileva@yandex.ru, ed_x@mail.ru

One of the important characteristics of a drilling tool is its stress-deformed state (SDS), since it is not always taken into account that its preliminary analysis allows for a more targeted formation of the structure and properties of the object under study. Objective. A preliminary study of the strength characteristics of collapsible drilling tools of the milling type at the design stage in order to exclude costly field tests of industrial designs. Materials and research methods. Strength calculations of SDS are made under the conditions of maximum loads acting on TRDM-244,5-2 bit from the drilling machine and the bottom of the well, and their uneven distribution over the bit elements using finite element modeling technologies in the ANSYS software environment. The finite element model of TRDMbits and the element quality diagram are given. Simulation of the application of maximum forces acting on a drilling tool (axial P and torque M) from the drill rod is presented. To obtain reliable results of the distribution of equivalent stress fields, we simulated the boundary loading conditions for the interaction of carbide bit armament with the borehole bottom. Research results and discussion. The results of the distribution of equivalent stress fields arising in the bit body, rotation axes and gear-disc mills with double-row carbide armament for two cases of loading are presented: 1 – the whole load is divided evenly into three gear-disc mills, 2 – the most severe case of loading, in which the entire load falls on one toothed disk mill.

Keywords: axial force, drilling of blast holes, stress-strain state, drilling tool, calculation model, equivalent voltage

Одной из важных характеристик бурового инструмента является его напряженно-деформированное состояние (НДС) [1–2], так как не всегда учитывается тот факт, что его предварительный анализ при проектировании позволяет более целенаправленно формировать структуру и свойства проектируемого объекта, в данном случае – бурового инструмента. Среди комплекса параметров бурового инструмента наиболь-

шее внимание уделяется форме и размерам элементов инструмента [2], непосредственно взаимодействующих с породой и выполняющих ее разрушение. Практически отсутствует понимание взаимосвязи напряженного состояния системы «Буровой станок – буровой став – долото – резец (зуб)» и характера разрушения горной породы. Также в настоящее время до сих пор не установлен характер усилий, возникающих

в узлах бурового инструмента режуще-вращательного действия, а также отсутствуют расчеты на их прочность.

На основании вышесказанного целью работы является предварительное исследование прочности бурового инструмента на стадии его проектирования с целью исключения длительных и дорогостоящих натурных испытаний. Проведение такого рода исследований имеет значительное научное значение при проектировании режимных параметров бурения режуще-вращательным буровым инструментом, а также при выявлении причин выхода инструмента из строя.

НДС для конструкций разборных буровых инструментов рассмотрено как проектный параметр. Нами впервые исследовано НДС бурового долота нового типа [3] с применением конечно-элементных технологий моделирования (численных методов расчетов). Для этого разработана объемная конечно-элементная модель бурового долота.

Материалы и методы исследования

Прочностные расчеты НДС элементов бурового долота нового типа [3], имеющего область рациональной эксплуатации в горных породах с $f = 2-10$, в отличие от известных аналогов [4], имеющих область рациональной эксплуатации в горных породах с $f = 2-6$ (что достигается наличием двухрядного твердосплавного вооружения и фрезами, установленными в корпусе под острым углом в сторону вращения), выполнены при условии максимальных усилий и моментов вращения, действующих на долото со стороны бурового става ($P_{ос}, M_{вр}$) и забоя скважины (при взаимодействии с породой), а также неравномерного их распределения по элементам разборного бурового инструмента (РБИ), расчетная модель которого дана на рис. 1.

Как показано на рис. 1, а, большую часть конечных элементов (КЭ) модели представляют собой 10-узловые тетраэдры. Оси сформированы с помощью 20-узловых гексагональных элементов.

Диаграмма качества элементов (рис. 1, б) позволяет провести оценку состояния КЭ [5–6], показывая количество элементов с критерием качества, находящимся в диапазоне от 0 до 1, где 1 представляет собой идеальный элемент, а при критерии, равном 0, объем элемента может быть отрицательным. Предпочтительно для получения достоверных результатов расчетов использовать элементы с качеством не ниже 0,4, однако в рамках данной задачи число элементов низкого качества (0,2–0,4) не превышает 214, что составляет менее 0,03% от общего количества элементов (823729) и является основанием для допуска данной модели к расчету.

Оригинальное долото представляет собой массивную деталь, воспринимающую большие осевые усилия $P_{ос}$ и крутящие моменты $M_{кр}$ (рис. 2).

Модель нагружена усилием $P_{ос}$, действующим в направлении оси Z глобальной системы координат, а также моментом $M_{кр}$, действующим вокруг той же оси. $P_{ос}$ и $M_{кр}$ приложены к торцу корпуса долота. Условия нагружения модели показаны на рис. 2.

Значения осевого усилия $P_{ос}$ и момента вращения $M_{вр}$ обеспечивающие устойчивую работу долота на забое скважины в породах с равномерной структурой механических свойств ($f < 6 = const$), установлены с учетом выражений, приведенных в работе [7]:

$$P_{ос} > d_{\phi} \cdot h \cdot \sigma_{м.б} \cdot \beta, \text{ кН}, \quad (1)$$

где d_{ϕ} – диаметр зубчато-дисковой фрезы, м; h – глубина внедрения зубчато-дисковой фрезы за один оборот долота, м; $\sigma_{м.б}$ – предел прочности горной породы при механическом разрушении, МПа; β – число зубчато-дисковых фрез, ед.

$$M_{\phi} = \frac{P_{ос} \cdot d_{\phi}}{\beta \cdot N} \cdot \left(1 + \sin \frac{10\pi}{N} + \sin \frac{12\pi}{N} \right), \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (2)$$

где N – число зубков на зубчато-дисковой фрезе, ед.

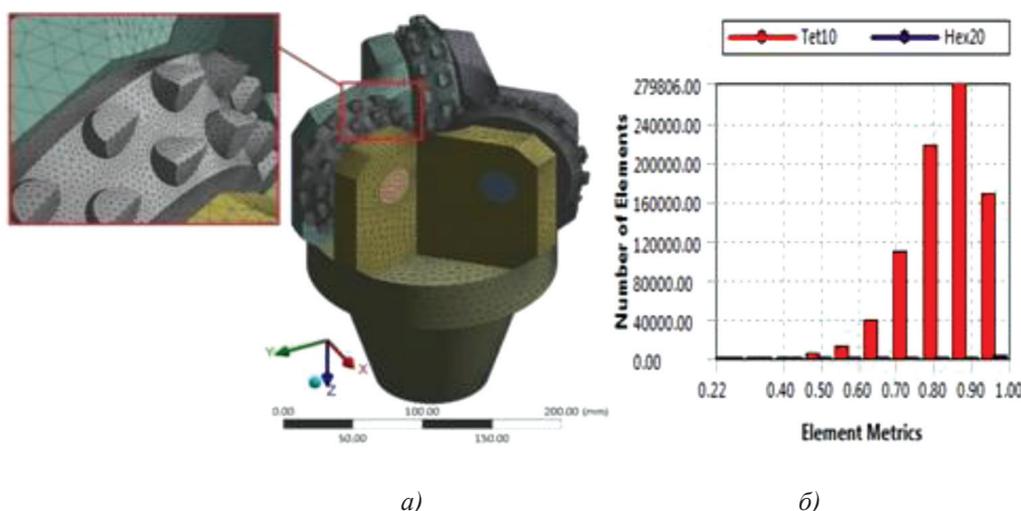


Рис. 1. Конечно-элементная модель бурового долота режуще-вращательного действия: а) общий вид модели конечно-элементной модели долота, б) диаграмма качества элементов

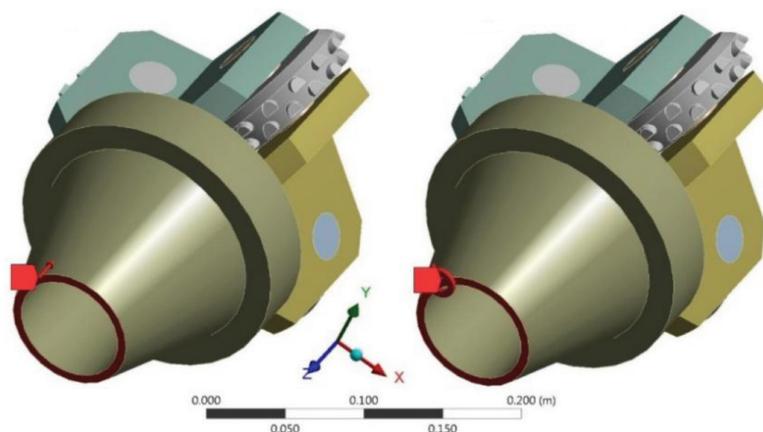


Рис. 2. Условия нагружения разборного бурового долота

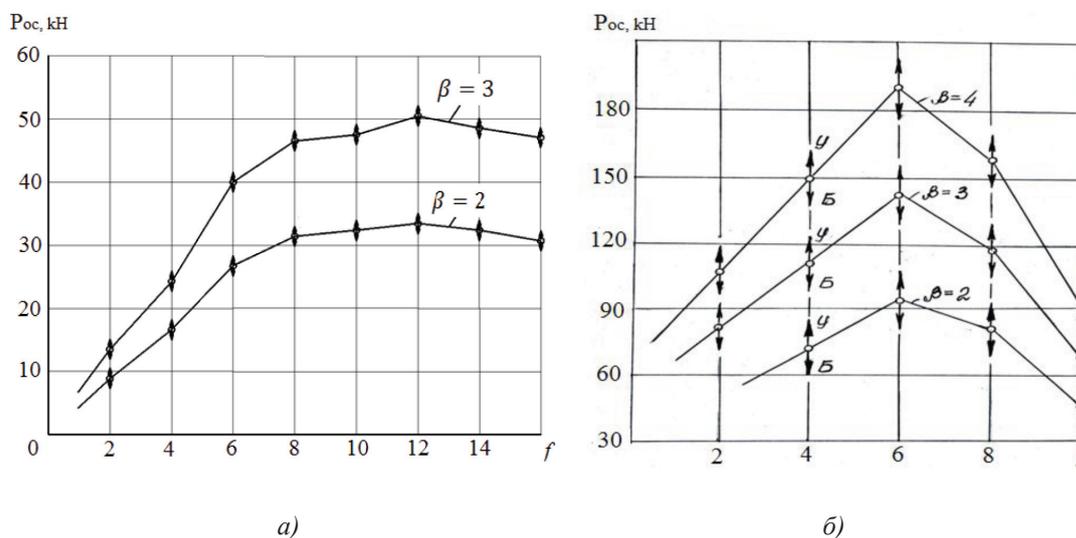


Рис. 3. Значения осевых усилий, определяющих режимы работы долота: а – долота с двухрядным твердосплавным вооружением; б – долота с однорядным твердосплавным вооружением ↑ – устойчивый режим; ↓ – заблокированный режим; о – минимальные значения P_{oc} , обеспечивающие устойчивую работу долота

На рис. 3 приведен график минимальных осевых усилий, обеспечивающих устойчивую работу долота на забое скважины, для проектируемого бурового инструмента с двухрядным вооружением (рис. 3, а) и аналогичным буровым инструментом с однорядным вооружением (рис. 3, б).

По данным, приведенным на рис. 2, видно, что осевые усилия, необходимые для устойчивой работы долота на забое скважины, не превышают паспортные значения для бурового станка СБШ-250МНА-32. При этом эффективная работа рассматриваемой конструкции долота обеспечивается режимными параметрами, значительно ниже [7], чем долота-аналога.

Принимая во внимание экстремальные условия работы бурового инструмента на забое скважины при наличии крепких пород ($f > 12$), для обеспечения его высокой прочности примем для расчета более высо-

кие значения P_{oc} , а именно максимальные паспортные нагрузки бурового станка СБШ-250МНА-32.

Кинематические характеристики работы долота [7] обуславливают тот факт, что в каждый момент времени в работе по разрушению забоя скважины участвует 2/5 вооружения (12 твердосплавных зубьев из 30) каждой зубчато-дисковой фрезы, имеющих двойное вращение (вращаются на осях и вместе с корпусом). Так, граничные условия, моделирующие работу трех зубчато-дисковых фрез, показаны на рис. 4, б.

Рассмотрим два расчетных случая взаимодействия долота с забоем скважины. Первый – долото опирается на ровную поверхность забоя, при этом усилия P_{oc} и $M_{вр}$ равномерно распределяются на три зубчато-дисковые фрезы. Второй – в силу неровностей и несплошности забоя скважины вся нагрузка приходится на одну зубчато-дисковую фрезу.

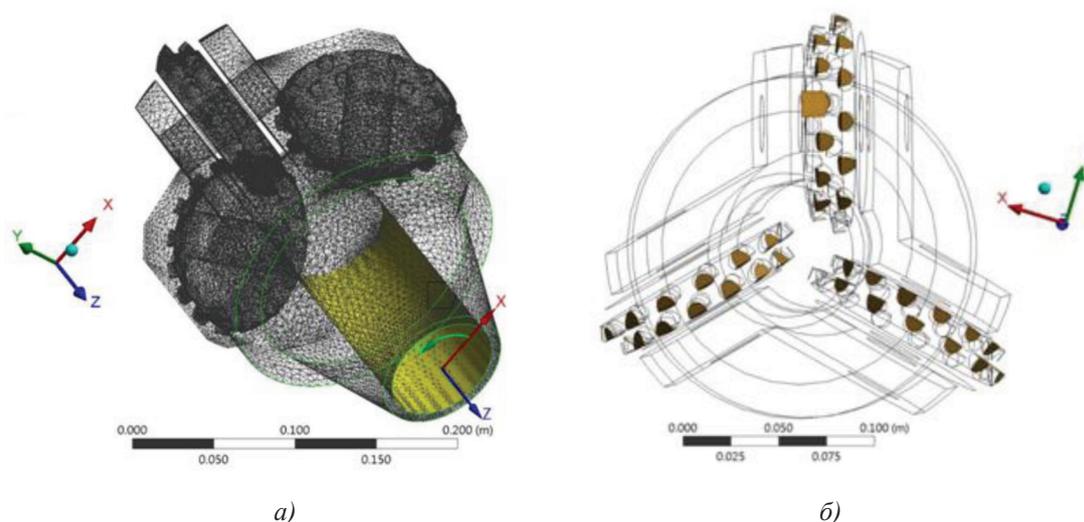


Рис. 4. Граничные условия нагружения: а) вращения долота, б) взаимодействия твердосплавного вооружения с забоя

Результаты исследования и их обсуждение

Расчет корпуса. Традиционным для конструкций долот режуще-вращательного типа является наличие лап, являющихся фактически плоскими балками, воспринимающими значительные изгибающие и крутящие моменты, а также сжимающие усилия. При этом передача силового потока из лап в тело долота сопровождается возникновением перегруженных и недогруженных зон, сложного напряженного состояния, иногда с большими градиентами напряжений. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в корпусной части долота режуще-вращательного действия показано на рис. 5.

По данным, представленным на рис. 5, видно, что во всех случаях нагружения действующие значения напряжений в корпусе не превышают допускаемые значения. Распределение напряжений носит равномерный характер и не превышает 30–35 МПа в первом случае нагружения (рис. 5, а) и 10–15 МПа в третьем, самом легком, случае нагружения (рис. 5, б). Максимальные значения действующих напряжений возникают во всех случаях нагружения в местах крепления лап к корпусу и составляют 312,7 МПа и 194,32 МПа соответственно, что не превышает предел текучести σ_T и предел кратковременной прочности σ_B материала, из которого изготовлен корпус (сталь 35ХМЛ, НРС 38; $\sigma_T = 392$ МПа, $\sigma_B = 589$ МПа). Однако следует отметить, что в расчетной модели не были учтены скругления и фаски, позво-

ляющие снизить уровень концентрации напряжений (на 5–15 %).

Расчет оси вращения. С точки зрения деформирования ось представляет собой прямой круглый брус, воспринимающий сжимающие, изгибающие и крутящие нагрузки. Распределение эквивалентных напряжений по осям скольжения представлено на рис. 6.

По данным, представленным на рис. 6, видно, что во всех случаях нагружения действующие значения напряжений не превышают допускаемые значения. Распределение напряжений носит довольно равномерный характер и не превышает 30–40 МПа в первом случае нагружения (рис. 6, а) и 15–25 МПа в третьем (рис. 6, б). Максимальные значения действующих напряжений составляют 335,29 МПа и 172,76 МПа соответственно, что не превышает предел текучести σ_T и предел кратковременной прочности σ_B материала, из которого изготовлены оси (сталь 40Х, НРС 40; $\sigma_T = 780$ МПа, $\sigma_B = 980$ МПа). Как и следовало ожидать, максимальные напряжения возникают в самом тяжелом случае нагружения, когда вся нагрузка приходится на одну ось, а минимальные, – когда вся нагрузка делится на три оси. Однако, следует отметить, что в модели не были учтены фаски в областях примыкания оси и корпуса, а также оси и фрезы, позволяющие снизить уровень концентрации напряжений (на 7–15 %). Кроме того, в фактической геометрии также присутствуют шайбы, предотвращающие перекос фрез. Их дополнительный учет снизит действующие напряжения (на 5–7 %).

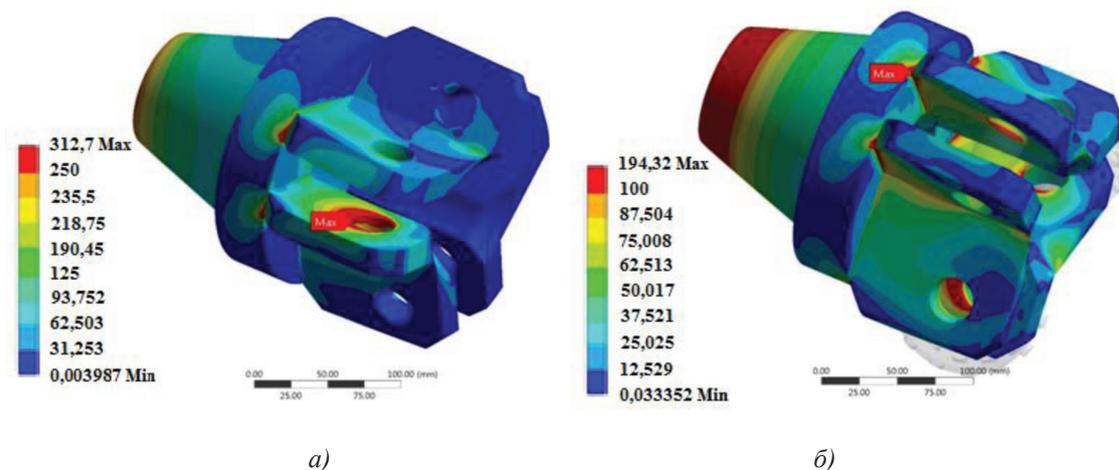


Рис. 5. Распределение полей эквивалентных напряжений по корпусной части:
а) нагрузка приходится на одну ось; б) нагрузка делится на три оси равномерно

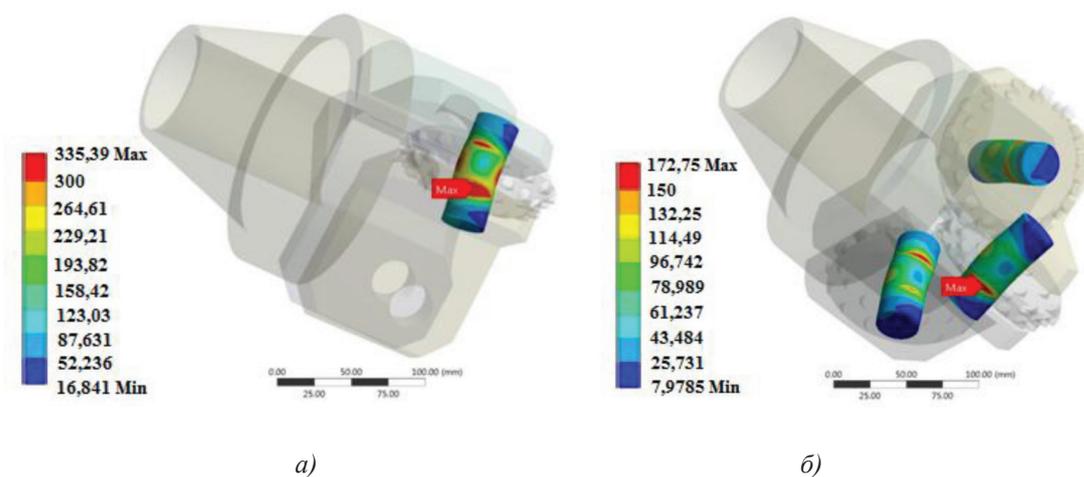


Рис. 6. Распределение полей эквивалентных напряжений по осям:
а) нагрузка приходится на одну ось; б) нагрузка делится на три оси равномерно

Расчет зубчато-дисковых фрез. С точки зрения деформирования зубчато-дисковая фреза представляет собой плоский диск с фрезерованными участками, в которых высверлены отверстия для вставки зубьев, выполненных из металлокерамического твердого сплава.

Распределение эквивалентных напряжений по зубчато-дисковым фрезам представлено на рис. 7.

По данным, представленным на рис. 7, видно, что во всех случаях нагружения действующие значения напряжений не превышают допустимые значения. Распределение полей эквивалентных напряжений носит равномерный характер и не превышает 55–60 МПа в первом случае нагружения (рис. 7, а) и 40–45 МПа в третьем (рис. 7, б). Максимальные значения

действующих напряжений составляют 510,25 МПа и 391,06 МПа, что соответственно не превышает предел текучести σ_T и предел кратковременной прочности σ_B материала, из которого изготовлены зубчато-дисковые фрезы (сталь 40ХН2, HRC 48; $\sigma_T = 930$ МПа, $\sigma_B = 1080$ МПа). Как и следовало ожидать, максимальные напряжения возникают в самом тяжелом случае нагружения, когда вся нагрузка приходится на одну зубчато-дисковую фрезу, а минимальные, когда вся нагрузка делится на три зубчато-дисковые фрезы.

Максимальные напряжения (во всех случаях нагружения) возникают в зубчато-дисковых фрезам в отверстиях, высверленных в теле зубчато-дисковой фрезы для вставки зубьев. Данный эффект появляется ввиду элементной концентрации.

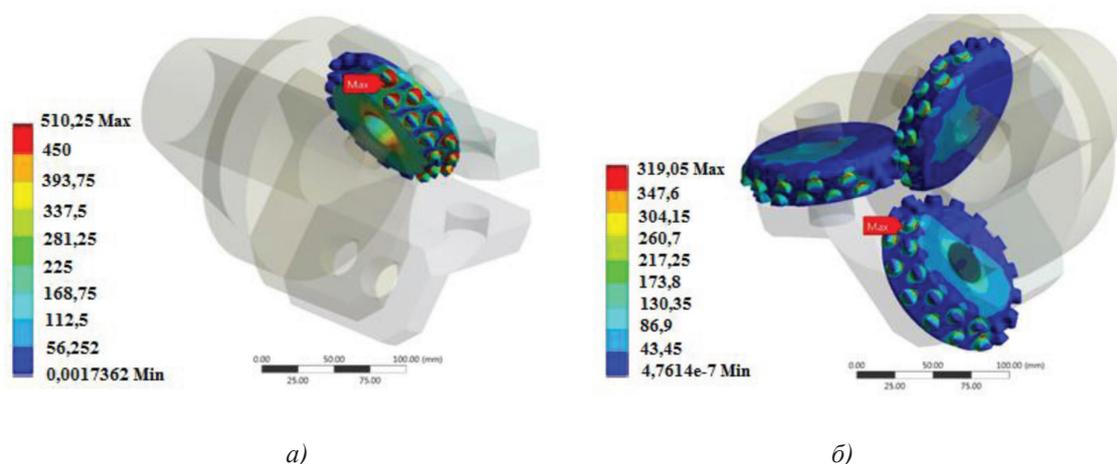


Рис. 7. Распределение полей эквивалентных напряжений по зубчато-дисковым фрезам:
 а) нагрузка приходится на одну зубчато-дисковую фрезу;
 б) нагрузка делится на три зубчато-дисковые фрезы равномерно

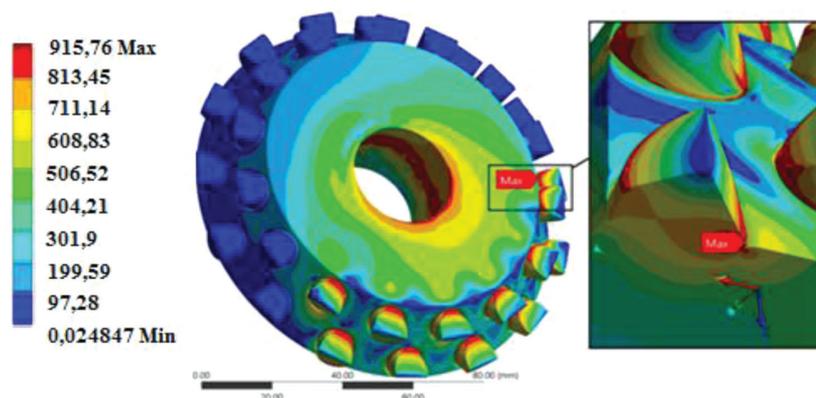


Рис. 8. Распределение полей эквивалентных напряжений по зубчато-дисковой фрезе при равномерном распределении всей нагрузки на три зубчато-дисковые фрезы

Выполнение уточняющих расчетов зубчато-дисковых фрез. Уточняющие расчеты НДС зубчато-дисковых фрез проведены с помощью подмоделирования – построения уточненной геометрии фрезы с последующей передачей данных, полученных в результате проведения предыдущих расчетов в качестве граничных условий.

Рассмотрим результаты уточняющих расчетов НДС зубчато-дисковых фрез в виде распределения полей эквивалентных напряжений (рис. 8), для самого тяжелого случая нагружения, когда вся нагрузка приходится на одну зубчато-дисковую фрезу.

По данным уточняющих расчетов НДС зубчато-дисковых фрез, представленных на рис. 8, видно, что номинальные значения действующих напряжений значи-

тельно выросли по сравнению с данными расчетов, представленных на рис. 7, но во всех случаях нагружения они не превышают допустимые значения. Распределение полей эквивалентных напряжений носит равномерный характер и не превышает 40–45 МПа (рис. 8). Максимальные значения действующих напряжений составляют 364,68 МПа, что, соответственно, не превышает предел текучести σ_T и предел кратковременной прочности σ_B материала, из которого изготовлены детали.

В таблице приведены расчетные напряжения, возникающие в отдельных элементах долота при приложении к нему комплекса нагрузок (P_{oc} и $M_{вр}$), а также допустимые напряжения для материала, из которых они изготовлены.

Напряжения, возникающие в элементах долота фрезерного типа

Элемент	Материал	Расчетные напряжения σ_t , МПа	Допустимые напряжения σ_t , МПа
Корпус	35ХМЛ	194,32/312,7	392
Ось	40Х	172,75/335,39	780
Фреза	40ХН2	391,05/510,25	930

Примечание. В числителе указаны значения при распределении действующих усилий на все фрезы равномерно, в знаменателе – при действии всей нагрузки на одну фрезу.

Таким образом, следует отметить важное научное значение исследования прочностных характеристик разборного бурового инструмента с зубчато-дисковыми фрезами, проведенного в работе впервые. Следует отметить, что полученные данные согласуются с работами, посвященными проблемам эксплуатации технических систем и бурового инструмента в частности [8–10]. Они позволяют научно обосновать рациональные режимные параметры бурения скважин рассматриваемым инструментом при бурении горных пород, характеризующихся широким диапазоном физико-механических свойств.

Практически проведение такого рода исследований имеет важное значение при выявлении причин отказов буровых инструментов режущее-вращательного действия.

Выводы

1. Анализ напряженно-деформированного состояния бурового инструмента предложенной нами разборной конструкции показывает, что его надежная и безопасная работа не вызывает сомнений.

2. Многорядное вооружение зубчато-дисковых фрез не ослабляет их конструкцию и не приводит к напряжениям, превышающим допустимые значения.

3. Конструктивное исполнение долота режущее-вращательного действия с зубчато-дисковыми фрезами, установленными с острым углом в корпусе и имеющим многорядное твердосплавное вооружение, по сравнению с аналогичным буровым инструментом, оснащенным однорядным вооружением, расширяет область рационального использования в сложноструктурных

массивах горных пород с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова с $f = 6-8$ до $f = 8-10$ с пропластками до $f = 12$.

НИР выполнена в рамках реализации Гранта Президента МД-221.2018.8.

Список литературы

1. Головкин М.С., Ишбаев Г.Г., Балута А.П., Мыкалкин В.В., Шленкин И.С., Валямов К.Р., Ямалиев В.У. Проектирование и сравнительный анализ динамических герметизирующих элементов, используемых в составе бурового инструмента // Бурение и нефть. 2017. С. 52–57.
2. Зубов В.В., Хазин М.Л. Повышение износостойкости твердосплавного бурового инструмента // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. С. 168–170.
3. Бовин К.А., Гилев А.В., Чесноков В.Т., Белозеров И.Р., Шигин А.О., Крыло А.Е. Буровое долото режущее-вращательного типа // Патент РФ № 2631948. Патентообладатель ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». 2017. Бюл. № 28.
4. Гилев А.В. Научно-технические основы создания специализированных буровых инструментов и технологий их применения на карьерах: дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2005. 385 с.
5. Денисов М.А. Компьютерное моделирование ANSYS. ЕКб.: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 77 с.
6. Басов К.А. ANSYS. Справочник пользователя. М.: ДМК-пресс. 2018. 640 с.
7. Бовин К.А., Гилев А.В. Обоснование рациональных режимных параметров бурения горных пород долотами режущее-вращательного действия // Известия выс. учеб. заведений. Горный журнал. 2017. № 6. С. 101–108.
8. Дорохов А.Н., Керножицкий В.А., Миронов А.Н., Шестопалов О.Л. Обеспечение надежности сложных технических систем. СПб.: Лань. 2011. 352 с.
9. Пяльченков В.А., Смолин Н.И., Пяльченков В.А. Влияние точности изготовления на загруженность шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22468> (дата обращения: 29.09.2018).
10. Пяльченков В.А., Смолин Н.И., Пяльченков В.А. Распределение осевой нагрузки и крутящего момента по зубкам шарошечного долота // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=22475> (дата обращения: 29.09.2018).

УДК 519.85:577.151.03:637.5.032

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТА ТРАНСГЛУТАМИНАЗЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ

Глотова И.А., Буховец А.Г., Высоцкая Е.А., Рязанцева А.О.

*Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж,
e-mail: glotova-irina@yandex.ru*

Информационные технологии приобретают все большее значение в обеспечении потребителей здоровым питанием. Целевой функцией решаемых с применением информационных технологий задач является уменьшение степени неопределенности в пищевой системе как результат управления конкретным технологическим процессом. Необходим синтез математических моделей, позволяющих прогнозировать свойства пищевых систем в зависимости от задаваемых технологических параметров. К наиболее лабильным из них в условиях реальных процессов производства продуктов питания относятся pH и температура пищевых смесей. Статья посвящена исследованию технологических факторов, влияющих на активность ферментного препарата трансклутаминазы, на основе теории планирования эксперимента. Цель работы – разработка модели взаимодействия факторов, влияющих на активность ферментного препарата трансклутаминазы (ТГ) для определения оптимальных параметров при проектировании потребительских свойств пищевых систем. Представлены этапы разработки математической модели, описывающей совместное влияние заданных технологических факторов (температура и pH) на активность ТГ. Активность ТГ выступает управляющим фактором при формировании заданных гидратационных характеристик пищевых систем, особенно на основе сырья животного происхождения, которые непосредственно коррелируют с потребительскими свойствами продовольственных товаров на их основе. Представлена карта Парето зависимости активности ТГ от температуры и pH. Установлено, что совместное влияние исследуемых параметров не оказывает существенного влияния на целевую функцию – уровень трансклутаминазной активности ферментного препарата

Ключевые слова: информационные технологии, пакет прикладных программ, STATISTICA, математическое моделирование, теория планирования эксперимента, трансклутаминазная активность, пищевые системы, потребительские свойства

MATHEMATICAL MODEL OF TRANSGLUTAMINASE PREPARATION ACTIVITY IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF STRUCTURE FORMATION

Glotova I.A., Bukhovets A.G., Vysotskaya E.A., Ryazantseva A.O.

*Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Grate, Voronezh,
e-mail: glotova-irina@yandex.ru*

Information technology is becoming increasingly important in providing consumers with a healthy diet. The objective function of the tasks solved with the use of information technology is to reduce the degree of uncertainty in the food system as a result of managing a particular technological process. It is necessary to synthesize mathematical models that allow to predict the food systems properties depending on the technological parameters. The most labile of them include pH and temperature of food mixtures in real food production processes conditions. The aim of the work is to develop a model of interaction of factors that affect the activity of the enzyme preparation transglutaminase (TG) to determine the optimal parameters in the design of consumer properties of food systems. The stages of the development of a mathematical model describing the joint influence of given technological factors (temperature and pH) on the activity of TG are presented. TG activity acts as a controlling factor in the formation of specified hydration characteristics of food systems, especially on the basis of raw materials of animal origin, which directly correlate with the consumer properties of food products based on them. The Pareto map of the dependence of TG activity on temperature and pH is presented. It was found that the combined effect of the studied parameters has no significant effect on the target function – the level of transglutaminase activity of the enzyme preparation

Keywords: information technologies, software package, STATISTICA, mathematical modeling, theory of experiment planning, transglutaminase activity, nutritional systems, consumer properties

Информационные технологии приобретают все большее значение в обеспечении потребителей здоровым питанием, в том числе с учетом современной концепции питания как процесса, связанного не только с преобразованием энергии в результате биохимических превращений пищевых веществ, но и с преобразованием информации [1, 2]. Обращает на себя внимание проверка сформулированной авторами [1] концепции с использованием методов газоразрядной визуализации.

Актуальной задачей является структурный синтез моделей функциональных свойств рецептурных смесей на основе информационно-статистического подхода, реализованного в работах О.Н. Красули, А.Е. Краснова, С.И. Николаевой, В.И. Карпова, А.В. Токарева и др. [3–6].

Существенная проблема с позиций информатики связана с обилием пищевых добавок, используемых технологами для коррекции потребительских свойств продуктов питания. При этом целевой функцией ре-

шаемых с применением информационных технологий задач является уменьшение степени неопределенности в пищевой системе как результат управления конкретным технологическим процессом [3].

Важным фактором в формировании потребительских свойств продовольственных товаров, особенно на основе сырья животного происхождения, является возможность управления гидратационными характеристиками пищевых систем в соответствии с систематической моделью, представленной на рис. 1.

Популярным «инструментом» формирования заданных характеристик пищевых систем, коррелирующих с потребительскими свойствами продовольственных товаров на их основе, является целенаправленное использование ферментных препаратов. В последнее десятилетие в качестве альтернативы подходам по дезинтеграции биополимеров в структуре пищевого сырья и полуфабрикатов приобрел существенную популярность подход, реализующий искусственное структурообра-

зование в пищевых системах с приданием им заданных гидратационных характеристик и коррелирующих с ними потребительских свойств [7–9].

В зарубежных исследованиях широко представлены результаты, иллюстрирующие позитивный эффект от использования препаратов микробной транслутаминазы для целенаправленного придания заданных потребительских свойств товарам различных ассортиментных групп (таблица).

Таким образом, необходим синтез математических моделей, позволяющих прогнозировать свойства пищевых систем в зависимости от задаваемых технологических параметров. К наиболее лабильным из них в условиях реальных процессов производства продуктов питания относятся рН и температура пищевых смесей.

Цель работы: разработка модели взаимодействия факторов, влияющих на активность ферментного препарата транслутаминазы (ТГ), для определения оптимальных параметров при проектировании потребительских свойств пищевых систем.



Рис. 1. Вариант систематической модели функциональных свойств рецептурных смесей на основе информационно-статистического подхода

Эффективность применения микробной транслутаминазы для коррекции потребительских свойств продовольственных продуктов [10]

Источник белков в составе сырья	Продукт	Эффект	Информационный источник
Мясо	Реструктурированное мясо	Реструктурированная текстура и внешний вид мяса, повышенная твердость	Kuraishi et al. (1997); Motoki and Seguro (1998); Trespalacios (2007)
Рыба	Рыбная паста, реструктурированный продукт	Повышенная твердость	Télléz-Luis et al. (2002)
Молоко	Крем, десерты, молочные напитки	Улучшенное качество и текстура	Lauber et al. [156] (2000); Sanlı et al. (2011)
Пшеница	Хлебобулочные изделия	Улучшенная текстура и большой объем	Gerrard et al. (2001)
Желатин	Кондитерские изделия	Продукты с низкой калорийностью с хорошей текстурой и эластичностью	Giosafatto et al. (2012)

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали препарат микробной трансклутаминазы (ТГ) Revada TG (производитель – BDF Natural Ingredients, Испания). Активность ТГ определяли с помощью энзиматического колориметрического теста в соответствии с рекомендациями [11]. В основе метода лежит каталитическая реакция переноса глутаминовой кислоты на акцептор, подобный глицил-глицину, с образованием 5-амино-2-нитробензоата, что играет важную роль в процессе структурообразования белковых систем.

Для исследования совместного влияния температуры T и водородного показателя pH среды на активность трансклутаминазы использовали экспериментальные методы, позволяющие оценить статистическую значимость эффекта воздействия. Это потребовало проведения экспериментов с целью определения оптимальных уровней факторов. Были использованы двухуровневые многофакторные планы полного факторного эксперимента. Обработка результатов экспериментов и построение модели проводилось с помощью программного пакета STATISTICA [12], набор процедур которого позволяет строить планы многофакторного эксперимента, анализировать полученные данные и оценить эффективность модели и значимость ее коэффициентов [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Активность препарата трансклутаминазы выступает управляющим фактором при формировании заданных в том числе характеристик пищевых систем, особенно на основе сырья животного происхождения, которые непосредственно коррелируют с потребительскими свойствами продовольственных товаров на их основе.

С целью обоснования рекомендаций по использованию препарата ТГ для модификации поликомпонентных мясо-растительных эмульгированных субстратов на первом этапе были проведены однофакторные

эксперименты по исследованию влияния температуры и pH среды на активность ТГ в составе препарата Revada TG 11 (рис. 2). Выбранная нижняя граница температурного интервала (рис. 2, а) соответствует технологически целесообразным значениям данного параметра на этапе куттерования при получении фаршевых эмульсий.

На следующем этапе была построена модель, отражающая зависимость активности ферментного препарата от заданных технологических параметров с учетом их взаимного влияния. В качестве математической модели процесса ферментативной обработки пищевых систем рассматривали полином второй степени:

$$Y_i(x_1, x_2) = \sum a_k x_1^{i_1} x_2^{i_2}, \quad (1)$$

где степени входных параметров удовлетворяют условию $0 \leq i_1 + i_2 \leq 2$.

Коэффициенты полинома a_k оценивали методом наименьших квадратов с использованием программного пакета STATISTICA. Исходные данные для обработки в программном пакете STATISTICA и построения модели представлены на рис. 3. В этом случае активность ферментного препарата представляет собой функциональную зависимость вида $Y_i(x_1, x_2)$.

В качестве инструмента для построения математической модели, описывающей совместное влияние заданных технологических факторов (температуры T и показателя pH) на активность ферментного препарата трансклутаминазы, был выбран подход, основанный на построении симметричного композиционного ротатбельного плана второго порядка, с учетом рекомендаций в области теории планирования эксперимента [14].

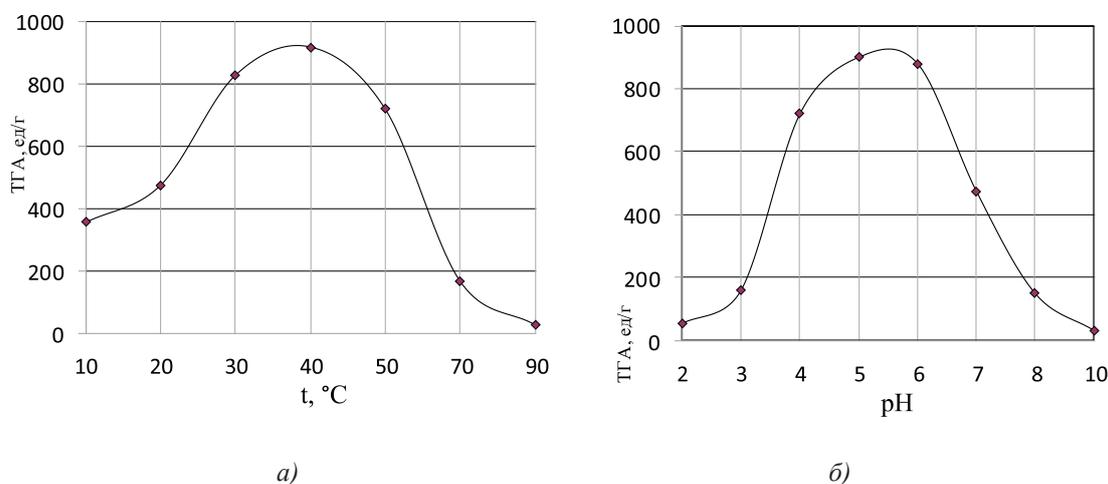


Рис. 2. Влияние на активность ТГ «REVADA TG 11»: а) температуры, °С, б) pH

	Исходные данные		
	1 Темпер.	2 рН	3 Отклик
1	20,00	4,00	640,00
2	20,00	8,00	610,00
3	60,00	4,00	504,00
4	60,00	8,00	112,00
5	68,20	6,00	95,00
6	11,80	6,00	65,00
7	40,00	8,82	180,00
8	40,00	3,18	830,00
9	40,00	6,00	886,00
10	40,00	6,00	890,00
11	40,00	6,00	891,00
12	40,00	6,00	890,00
13	40,00	6,00	887,00

Рис. 3. Исходные данные для обработки в программе STATISTICA: Темпер. – температура (x_1), рН – реакция среды (x_2), Отклик (Y) – целевая функция (трансламиназная активность)

Для оценки эффектов в программном пакете STATISTICA был использован модуль (DOE) Design & Analysis of Experiments, режим Central Composite, non-factorial surface designs. Результаты построения уравнения регрессии в модуле представлены на рис. 4.

Уравнение регрессии, представленное ниже, характеризует отклики системы и принимает вид

$$Y = 1784,24 + 82,26 \times T - 0,90 \times T^2 + 451,13 \times \text{pH} - 37,04 \times \text{pH}^2 - 2,26 \times T \times \text{pH}, \quad (2)$$

$$(R^2 = 0,894).$$

Полученное уравнение объясняет оцениваемую зависимость более чем на 89%. Все коэффициенты уравнения регрессии значимы на уровне менее 5%. Отметим, что рассмотрение только линейных эффектов показывает, что значимой линейной зависимости не наблюдается. Переход к квадратичной модели демонстрирует значимое влияние всех рассматриваемых факторов.

Данные модели были проверены на адекватность. Проверка значимости (адекватности) дает возможность ответить на вопрос, будет ли построенная модель предсказывать значения выходной величины с той же точностью, что и результаты эксперимента. Результаты расчетов программного пакета STATISTICA с вычисленными уровнями значимости (адекватности) модели представлены на рис. 5. Следует отметить высокий уровень значимости переменных квадрата температуры (Q), квадрата показателя рН (Q) и самого показателя рН (L).

Regr. Coefficients; Var.: Отклик; R-sqr=,89438; Adj.:81894 (Исх. данные.sta 2 factors, 1 Blocks, 13 Runs; MS Residual=21557,57 DV: Отклик						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(7)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-1784,24	713,5212	-2,50062	0,040955	-3471,45	-97,0326
(1)Темпер.(L)	82,26	15,9072	5,17101	0,001294	44,64	119,8706
Темпер.(Q)	-0,90	0,1398	-6,47426	0,000342	-1,24	-0,5744
(2)рН (L)	451,13	184,9179	2,43964	0,044783	13,87	888,3940
рН (Q)	-37,04	13,9766	-2,65050	0,032918	-70,09	-3,9956
1L by 2L	-2,26	1,8353	-1,23276	0,257457	-6,60	2,0773

Рис. 4. Результаты построения регрессионного уравнения

ANOVA; Var.: Отклик; R-sqr=,89438; Adj.:81894 2 factors, 1 Blocks, 13 Runs; MS Residual=21557,57 DV: Отклик					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Темпер.(L)	43894	1	43894,2	2,03614	0,196645
Темпер.(Q)	903608	1	903608,0	41,91603	0,000342
(2)рН (L)	224616	1	224616,0	10,41935	0,014494
рН (Q)	151445	1	151445,2	7,02515	0,032918
1L by 2L	32761	1	32761,0	1,51970	0,257457
Error	150903	7	21557,6		
Total SS	1428779	12			

Рис. 5. Результаты дисперсионного анализа построенной модели

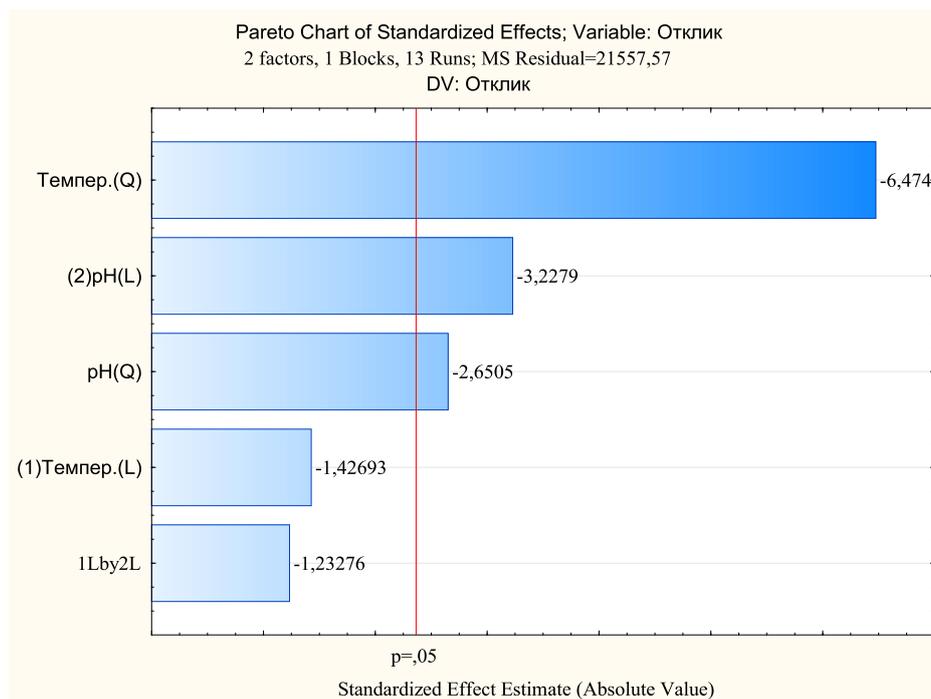


Рис. 6. Карта Парето зависимости активности ТГ от температуры и рН

Critical values; Variable: Отклик			
Solution: maximum			
Predicted value at solution: 936,2665			
Factor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
Темпер.	11,80000	39,34111	68,20000
рН	3,18000	4,88763	8,82000

Рис. 7. Оптимальные условия активации ферментного препарата

Таким образом, значимость построенной модели второго порядка подтверждена результатами дисперсионного анализа.

Кроме того, на карте Парето (рис. 6) колонки Темпер. (Q), рН (L, Q) пересекают вертикальную линию, которая соответствует 95%-ной доверительной вероятности, что характеризует значимое воздействие двух варьируемых факторов на зависимую переменную.

При низких значениях рН активность фермента была нулевой или очень низкой. На рис. 2 представлены графики влияния независимых переменных на исследуемый отклик (активность фермента). Эффект взаимодействия между рН и температурой не оказывал значительного влияния на активность ферментного препарата.

В режиме Analysis of Central Composite (Response Surface) Experiment по вкладке Prediction & profiling было установлено,

что оптимальными условиями для проявления структурообразующих свойств ферментным препаратом ТГ, количественной мерой которых на данном этапе выступает уровень трансклутаминазной активности, являются температура 39,34 °С, рН = 4,88 (рис. 7). Расчетные данные для оптимальных условий проявления максимальной активности ферментным препаратом коррелируют с данными, полученными с помощью активного эксперимента [8].

На рис. 8 и 9 представлена графическая интерпретация построенной модели. С целью подтверждения полученных ранее выводов о влиянии факторов на активность ТГ была использована подогнанная поверхность отклика (рис. 8), на котором наглядно представлен характер зависимости, в частности существование оптимального режима, соответствующего точке локального максимума.

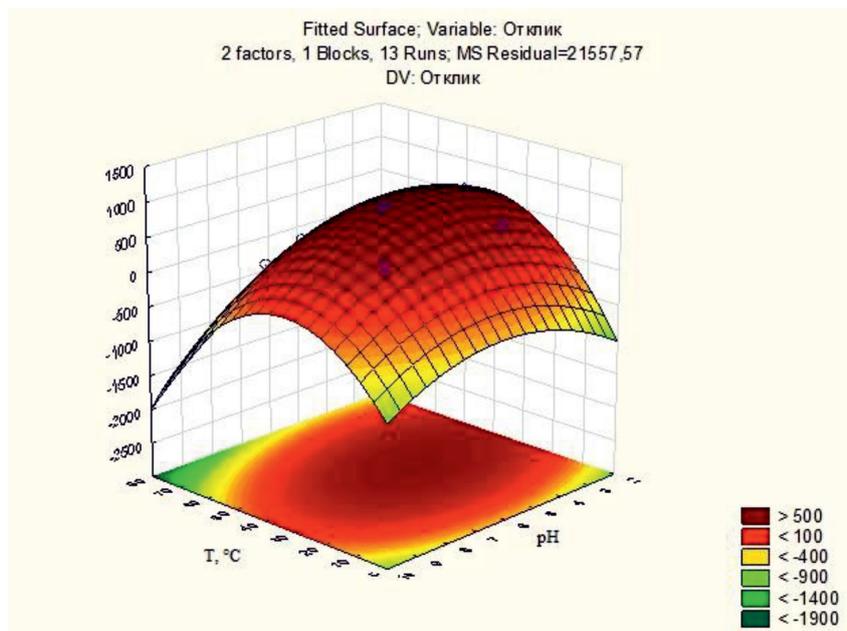


Рис. 8. Зависимость трансглутаминазной активности препарата «Revada TG II» от температуры и показателя pH

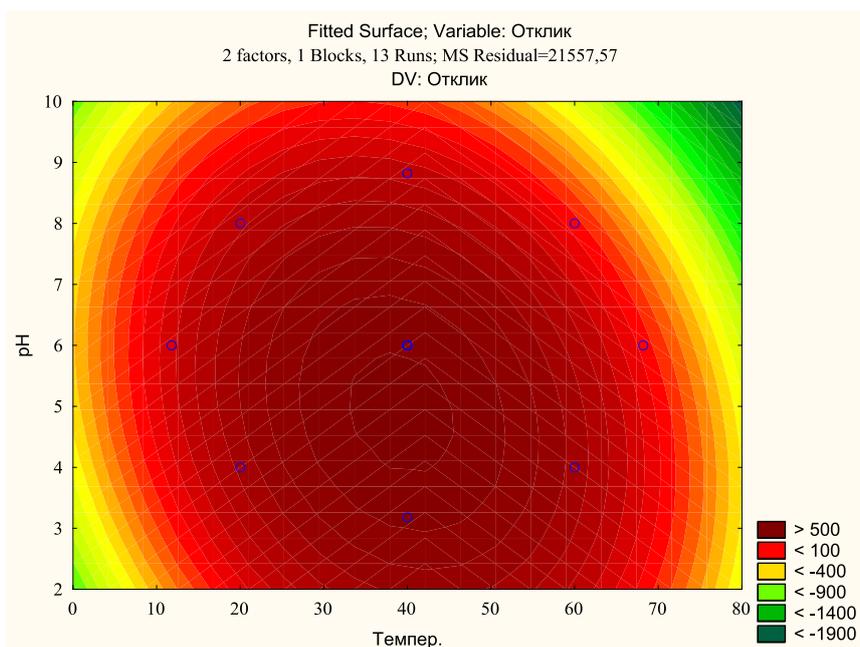


Рис. 9. Области равных значений активности ТГ в качестве функции отклика

Эти выводы также подтверждает рис. 9, на котором представлена проекция поверхности отклика на плоскость независимых переменных.

Заключение

Расчетным путем установлено, что оптимальными условиями для использования

ТГ в качестве структурообразующего фактора в пищевых системах являются температура 39,34°C, pH = 4,88. Расчетные данные коррелируют с данными, полученными в ходе активного эксперимента. Установлено, что совместное влияние исследуемых параметров не оказывает существенного влияния на целевую функцию – уровень

транслугтаминазной активности ферментного препарата. С учетом технологических допусков для проявления максимальной активности ферментного препарата ТГ могут быть рекомендованы условия: $\text{pH} \approx 5,0$, температура $\approx 40^\circ\text{C}$.

Список литературы

1. Колоколов В.А., Григорович Н.В. Питание человека и информация (введение в информационное питание человека) // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2008. № 4 (22). С. 3–13.
2. Потемкина Н.С., Крутько В.Н. Питание как система: возможности современной информатики для оптимизации питания // Информатика и системы управления. 2009. № 4 (22). С. 168–169.
3. Красуля О.Н., Николаева С.В., Краснов А.Е., Шумский Ю.А. Новый взгляд на комплексные пищевые добавки с позиции теории систем // Мясная индустрия. 2014. № 10. С. 46–48.
4. Карпов В.И., Красуля О.Н., Токарев А.В. Искусственный интеллект в технологической системе производства колбас заданного качества // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 106–113.
5. Краснов А.Е., Николаева С.В., Лукьянова Н.О. Информационное обеспечение качества многокомпонентных объектов в рамках системной модели «состав – структура – свойство» // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности: сборник трудов V Международной конференции; III международный конкурс научных и научно-методических работ; Международная академия информатизации, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Москва, 13–14 мая 2015 г.). М.: ООО «Издательство Спутник+», 2015. С. 17–22.
6. Краснов А.Е., Николаева С.В., Красников С.А. Информационное обеспечение качества пищевых продуктов в рамках системной модели «состав – структура – свойство» // Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XIX Международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 1–3 июля 2015 г.). СПб.: Издательство ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2015. С. 93–101.
7. Яковлев Д.С., Шлейкин А.Г. Трансглутаминаза последние достижения и новые источники // Механика и технологии. 2016. № 4 (54). С. 51–55.
8. Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В. Трансглутаминаза и молочные продукты с ее использованием (теория и практика) / Под общ. ред. Д.В. Харитонов. М.: Издательство «Франтера», 2017. 207 с.
9. Глотова И.А., Курчаева Е.Е., Ухина Е.Ю., Рязанцева А.О. Подходы к получению и применению микробной трансглутаминазы в эмульгированных мясо-растительных системах // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 4 (74). С. 210–219.
10. Kieliszek M., Misiewicz A. Microbial transglutaminase and its application in the food industry. A review. Folia Microbiol. 2014. vol. 59. DOI: 10.1007/s12223-013-0287-x.
11. Мотина Н.В., Нефедова Н.В. Экспресс-метод определения активности трансглутаминазы // Материалы конференции, посвященной памяти П.Ф. Дьяченко. М.: Издательство МГУПБ, 2006. С. 87–89.
12. Мастицкий С.Э. Методическое пособие по использованию программы STATISTICA при обработке данных биологических исследований. Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства», 2009. 76 с.
13. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. СПб.: Питер, 2001. 656 с.
14. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Издательство Юрайт, 2016. 495 с.

УДК 004.932.72'1

КЛАССИФИКАЦИЯ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА GY-521 ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ АКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Горяев В.М., Джахнаева Е.Н., Лиджи-Горяев В.В., Аль-Килани В.Х.

Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, Элиста,

e-mail: goryaevff@yandex.ru, dzhakhnaeva-en@yandex.ru, it-ksu@yandex.ru,

al-kilani.v@yandex.ru, mailto:it-ksu@yandex.ru

Наличие современных датчиков для миниконтроллеров позволяет их очень эффективно использовать для прогнозирования деятельности человека (HAR), при этом проблема классификации (с небольшими, средними и большими классами), а не регрессии, поскольку точность и отзыв гораздо легче интерпретировать, чем среднюю квадратичную или абсолютную ошибки. Для выполнения данной задачи были извлечены и проанализированы множество характеристик из выходных параметров датчиков. Характеристики варьировались от базовых показателей, таких как среднее и стандартное отклонение показаний акселерометра, до коэффициентов быстрого преобразования Фурье. Чувствительность устройств, правильный выбор датчиков является одним из первых элементов, которые необходимо учитывать при проектировании систем HAR. В экспериментах обнаруживалась переменная производительность, что в значительной степени зависело от сложности обнаружения переходов из статических в динамические в позиции. Результаты показали, что точность определения HAR зависит от месторасположения датчика на теле человека. При этом датчик, расположенный на бедре, является наиболее информативным из всех выбранных наборов. Модель SVM имеет в больших данных низкую скорость классификации, однако, с другой стороны, является вычислительно эффективной для машинного обучения. Применяя несколько методов классификации, стало возможно предсказать деятельность человека с точностью перекрестной проверки на один-один 53, 86 и 98 %, соответственно.

Ключевые слова: прогноз деятельности человека (HAR), акселерометр, гироскоп, метод опорных векторов, матрица ошибок, нейросеть

DATA CLASSIFICATION OF ACCELEROMETER GY-521 FOR HUMAN ACTIVITY RECOGNITION

Goryaev V.M., Dzhakhnaeva E.N., Lidzhi-Goryaev V.V., Al-Kilani V.Kh.

Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, e-mail: goryaevff@yandex.ru,

dzhakhnaeva-en@yandex.ru, it-ksu@yandex.ru, al-kilani.v@yandex.ru

The availability of modern sensors for mini-controllers allows them to be used very effectively for human activity prediction (HAR), with the problem of classification (with small, medium and large classes) rather than regression, since accuracy and feedback are much easier to interpret than the mean quadratic or absolute error. To perform this task, we extracted and analyzed many characteristics from the output parameters of the sensors. Characteristics ranged from baseline values such as mean and standard deviation of accelerometer readings to fast Fourier transform coefficients. Sensitivity of devices, the right choice of sensors is one of the first elements to consider when designing HAR systems. They can be classified using their own mechanisms of perception: namely, external sounding, when the sensors are located in the given places in space and are suitable for everyday wear. HAR applications already use a wide range of devices. The SVM model has a low classification rate in big data, however, on the other hand, it is computationally efficient for machine learning. Using several classification methods, it became possible to predict human activities with a one-to-one accuracy of 53 %, 86% and 98 %, respectively.

Keywords: Human Activity Recognition (HAR), accelerometer, gyroscope, support vector machines, confusion matrix, neural network

Существует ряд приложений, которым особенно полезно прогнозирование деятельности человека. Это может быть приложение в фитнес-трекерах (например, оценка сжигаемых калорий, рекомендации, предупреждения и т.д.). Кроме того, способность распознавать отдельных пользователей может повысить безопасность и удобство устройства, отправив предупреждение, если несанкционированный пользователь несет телефон или остался незапертым, если авторизованный пользователь несет устройство. Растущее распространение, а также разнообразие датчиков для контроллеров Android открывает новые возможности для сбора и анализа непрерывных данных для них. Информация для интеллектуального

анализа данных с камер, микрофонов, акселерометров и других сложных датчиков может обеспечить полезную обратную связь, информирующую о повседневной деятельности пользователя.

В этой статье описываются новые возможности применения алгоритмов машинного обучения, которые нацелены на классификацию физических действий пользователя, таких как ходьба, сидение и стояние на месте и т.д., основанные на данных акселерометра GY-521.

Цель исследования: прогноз по идентификации деятельности человека с помощью акселерометра GY-521 на базе нейросетевого подхода, который особенно эффективен в задачах экспертной оценки, так как он

сочетает в себе способность компьютера к вычислению и способность к распознаванию и, соответственно, обобщению. Для кода был использован Python.

Материалы и методы исследования

В данной предметной области подобные исследования проводились достаточно давно. Однако методы 1970–1980-х гг. включают специализированные устройства, которые не являлись мобильными устройствами. Эти устройства (например, FitBit) являются дорогостоящими и представляют собой достаточно крупный объект, в последующем активно стали использовать появившиеся в то время компактные устройства общего назначения, такие как телефоны, планшеты и другие подобные гаджеты. Кроме того, в настоящее время существуют разработки использования HAR на основе изображений, как альтернативная возможность классификации человеческих движений [1]. Например, были разработаны алгоритмы распознавания движения человека в монокулярных видеопоследовательностях на основе дискриминантных условных случайных полей (CRF) и максимальных энтропийных марковских моделей (MEMM) [2]. Тем не менее системы на основе зрения имеют проблемы с установкой камеры, освещением, качеством изображения, конфиденциальностью и т.д. Для повседневной жизни пользователю нужны компактные, износостойкие и недорогие системы, которые благодаря развитию технологий появились совсем недавно. В исследованиях W. Ugolino проводился сбор данных о движении человека на 4 акселерометрах ADXL335, использовали дерево C4.5, дихотомизер 3 (ID3) и AdaBoost для классификации человеческих движений и получили отличные результаты по отзыву и точности [3]. В нашем проекте используется тот же набор данных, но другая система моделей, которая позволяет выбрать наиболее эффективную классификацию.

Данные для нашего проекта общедоступны в репозитории машинного обучения UCI. Доступ к нему можно получить по адресу: <http://groupware.les.inf.risc-tio.br/har#dataset>. Набор данных содержит следующие характеристики: возраст, вес, индекс массы тела, высота x , y , показания оси z из 4 различных акселерометров.

Сбор данных от датчиков обеспечивался удаленным доступом к сценарию и данным на ноутбу-

ке с MATLAB (MathWorks Cloud). Пакет поддержки MATLAB для датчиков выполнял отображение, регистрацию, запрос и отправку данных. В итоге выводились неподготовленные данные с датчиков акселерации GY-521 при 50 Гц частоте дискретизации от 48 волонтеров. Плата с GY-521 была закреплена в трех позициях: на поясе, левом бедре и правом плече. Показания акселерометра включают сигналы ускорения и положения в осях x , y и z . Набор данных также включал имя пользователя, пол, возраст, рост, вес и индекс массы тела. Однако эти функции менее актуальны для нашей задачи, поэтому они не были включены в качестве актуальных входных данных. Исходные данные последовательно выбирались из акселерометров, поэтому данные были рандомизированы перед обучением и тестированием. В репозитории находилось в общей сложности около 200 тыс. проб, в которых было использовано 120 000 в качестве учебных данных, 60 000 – в качестве тестовых данных. Остальные данные представлялись в качестве дополнительного набора тестов, для того чтобы избежать переопределения параметра C в методе опорных векторов SVM.

После использования Zscore самые незначительные значения ошибок в обучении и тестировании были в пределах 2%. Поскольку полученные ошибки в обучении и тестировании были невелики, но при этом все же выше, чем требовала текущая производительность, то был увеличен параметр C .

Датчик GY-521 с акселерометром MPU-6050

Данный датчик используется в проектах, где необходимо определение положения в пространстве, стабилизация положения, движения и заданное движение по кривым.

При подключении к контроллеру у датчика GY-521 имеется шина I²C.

Визуализация данных. Чтобы получить представление о структуре наших данных и лучше понять различия между категориями нашего набора данных, были реализованы два известных алгоритма: анализ главных компонент (PCA) и анализ внедрения стохастических соседей (t-SNE). На рис. 3 показана проекция нашего набора данных на двумерную плоскость с использованием первых двух главных компонент, полученных PCA.

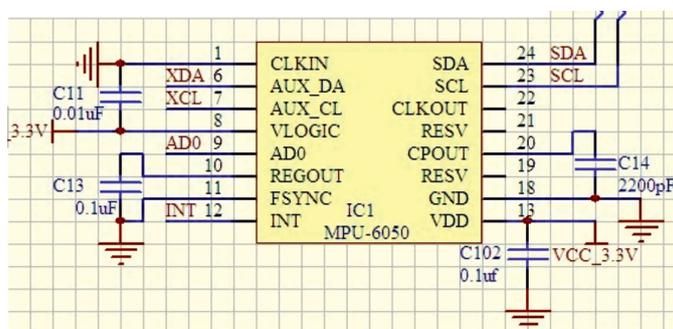


Рис. 1. Схема подключения MPU-6050



Рис. 2. GY-521 с шиной I²C и Arduino Mini

Данные включают сигналы ускорения в различных положениях тела, в трёх направлениях. Таким образом, функции находятся в разных масштабах. Чтобы сделать значения объектов сопоставимыми, использовали два метода масштабирования для обработки данных для разных видов активности человека.

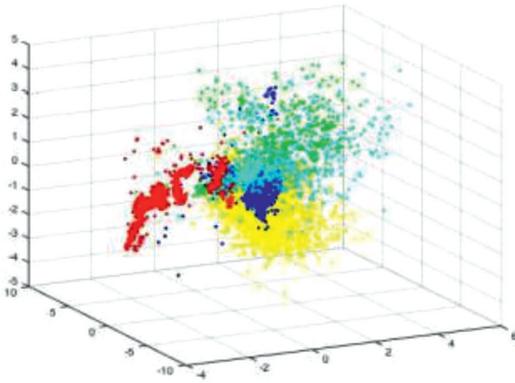


Рис. 3. PCA визуализация данных Zscore

$$Zscore(x_i) = \frac{x_i - \mu}{\sigma},$$

где μ и σ – это среднее и стандартное отклонения данных x .

Настройка нейросети. Для получения прогноза HAR была использована 3-слойная полносвязная нейронная архитектура. На вход сети генерируются 24 значения от датчиков, при этом скрытый слой после попыток анализа стал содержать 36 нейронов, а на выходе были получены 6 прогнозных значений HAR.

Модели. Исходные данные по своей природе являются временными рядами, однако из-за сложности такого типа данных было решено начинать с методов, которые предполагают независимость обучающих данных. Таким образом, модели получили необработанные данные датчиков на каждом временном шаге и в дальнейшем прогнозировали семантические метки.

Tune scaled SVM

```
c_values = [0.7, 0.1, 0.1, 0.6, 0.9, 1.1, 1.2, 1.7, 1.9, 2.0]
```

```
kernel_values = ['linear', 'poly', 'rbf', 'sigmoid']
```

```
param_grid = dict(C=c_values, kernel=kernel_values)
```

```
model = SVC()
```

```
kfold = KFold(n_splits=num_folds, random_state=seed)
```

```
grid = GridSearchCV(estimator=model, param_grid=param_grid, scoring=scoring, cv=kfold)
```

```
grid_result = grid.fit(rescaledX, Y_train)
```

Как показано в визуализации с использованием PCA, исходные данные, очевидно, нелинейно разделимы, соответственно, были выбраны следующие нелинейные алгоритмы машинного контролируемого обучения алгоритмов, для тестирования моделей на нашей выборке:

Метод k ближайших соседей (k-Nearest Neighbors)

Наивный байесовский классификатор (Naive Bayes)

Деревья классификации и регрессии (Classification and Regression Trees, CART)

Метод опорных векторов (Support Vector Machines) [4].

Оптимизация результата алгоритмов с помощью ансамблей. Ансамбли алгоритмов позволяют значительно увеличить производительность наших моделей на базе библиотеки scikitlearn. В исследовании был выбран ансамблевый метод бустинга AdaBoost и стохастический градиентный спуск (англ. *stochastic gradient boosting*). Методом бустинга создаётся последовательность моделей машинного обучения, каждая из которых учитывает ошибки предыдущей модели. Стохастический градиентный спуск относится к оптимизационным алгоритмам и нередко используется для настройки параметров модели машинного обучения.

Результаты исследования и их обсуждение

Перед этапом выбора метода машинного обучения необходимо было настроить два ключевых параметра алгоритма SVM: значение C (для ослабления поля) и тип ядра. Значение по умолчанию для SVM (класс SVC) заключается в использовании ядра Radial Basis Function (RBF) с значением C , установленным в 1.0. Как и в случае с KNN, был выполнен поиск по сетке с использованием 10-кратной проверки перекрёстных ссылок со стандартизированной копией набора учебных материалов. Кроме того были использованы несколько более простых типов ядер и значений C с меньшим уклоном и большим смещением (меньше и больше 1.0 соответственно).



Рис. 4. Временные ряды

В итоге исследований эффективности был выбран метод, который отображал наилучшую конфигурацию и точность. В целом не было удивительным, что наиболее точной конфигурацией стал SVM с ядром RBF и значением $C = 1,5$. Точность 97,1470%, по-видимому, лучшее, чего может достичь SVM.

Наш набор данных содержит примерно равное количество наблюдений для каждого из шести видов деятельности. Кроме того, конкретные приложения идентификации активности могли потребовать, чтобы один или несколько видов деятельности были более точно классифицированы, чем другие, учитывая это, было решено взвешивать каждый вид деятельности на одинаковых метриках.

В результате была использована общая точность классификации тестовых данных в качестве основной метрики производительности. Ниже показаны ошибки обучения и тестирования для каждого из анализов.

Таблица 1
Ошибки классификации алгоритмов машинного обучения (АМО)

АМО	Доля ошибок обучения	Доля ошибок тестирования
K-NN	0,91%	4,02%
Naive Bayes	0,30%	3,91%
CART	0,00%	5,07%
SVM	0,42%	3,71%

Модели, представленные в таблице показывают похожую производительность, за исключением деревьев с повышенным градиентом, которые имели более высокую степень ошибочной классификации в тестах. В целом сходство тестовых ошибок говорит о том, что увеличение сложности модели не обязательно улучшает её

производительность и эффективность. При этом модели Naive Bayes и SVM работали немного лучше, чем деревья и K-NN. Из визуализаций проецируемых данных можно ожидать, что подходящие модели с линейными границами будут хорошо работать при разделении кластеров, даже если данные не полностью разделимы. Одной из причин может быть то, что данные не могут быть полностью разделены, даже при проецировании в более высоких измерениях. Во-вторых, модели, реализующие линейные границы, менее склонны к переобучению, чем такие модели, как SVM с радиальным ядром или полиномиальным ядром и деревья с градиентным ускорением, и, следовательно, способны лучше обобщать результаты. В частности, градиентные деревья имели погрешность обучения 0%, что говорит о том, что модель была перегружена обучающими данными, несмотря на усилия по регуляризации модели, путём настройки скорости обучения, количества итераций и размера дерева.

Модель SVM имеет в больших данных низкую скорость классификации, однако, с другой стороны, является вычислительно эффективной для машинного обучения, в итоге было решено дополнительно продиагностировать ее производительность [5]. С целью выбора признаков была применена модель PCA и выполнен эксперимент с обучением модели на различных кортежах главных компонент. Наилучший результат был получен с использованием первых 30 главных компонент, это дало ту же производительность, что и простое применение линейного ядра SVM к исходным данным. Затем были проанализированы параметры обучения и тестовые ошибки для четырёх моделей, постоянно изменяя в течении эксперимента размер примеров в обучающих данных [6]. Результаты показаны на рис. 5.

Таблица 2

Матрица ошибок
Предикаты

Тестовые данные		Вверх по лестнице – WU	Вниз по лестнице – WD	Прогулка – W	Стоять на месте – St	Сидеть – Sit	Ложиться – Lay
	WU		409	0	14	0	0
WD		0	364	5	0	2	0
W		0	0	441	0	0	0
St		0	0	0	462	16	0
Sit		1	0	1	51	383	0
Lay		0	0	0	0	0	494

Из графика исключили байесовский классификатор, который был слишком вариативным. У остальных моделей не было проблем со смещением или дисперсией. Затем, чтобы проверить точность в классификации каждого вида деятельности, была вычислена матрица ошибок при обучении и тестировании на полных тренировочных и тестовых данных.

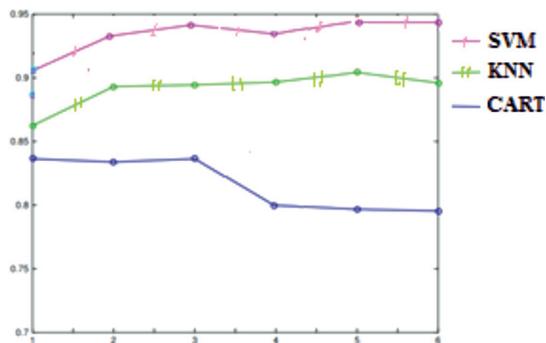


Рис. 5. Точность классификации для K-NN, CART, SVM

В матрице ошибок (табл. 2) для SVM чаще наблюдалась неправильно классифицируемая активность в положении «сидеть» и имела показатель ошибочной классификации 10,7%, при этом почти все ошибки неправильно идентифицируются для состояния «стоять». Как и ожидалось, динамическое окно часто ошибочно перекрывается статическим. Кроме того, неверные классификации в основном происходили во время перехода от режима стояния к сидению.

Затем была выполнена перекрестная проверка, где была обучена модель на 48 пользователях и протестирована на наблюдениях за 30 пользователями. Как и ожидалось, уровень ошибок классификации пользователей между «стоять» и «сидеть» значительно колебался в пределах от 0,0% до 18,2%. Особые проблемы достав-

ляла проверка вариативности между испытуемыми в рамках каждого действия.

Из матрицы ошибок можно заключить, что наш алгоритм обучения хорошо классифицирует большинство помеченных действий. Наихудшие два класса производительности – St и Sit имеют все же хороший положительный показатель 81% и 91%. Все остальные классы имеют положительные показатели, превышающие 95%. Ошибки все понятны, потому как эти действия похожи с точки зрения датчиков, при этом сидение и стояние, ходьба и неподвижность, подъем и спуск труднее отфильтровать друг от друга. Это также может быть вызвано тем, что было выполнено подряд несколько действий, а при выборке данных отмечали в итоге только метку одного действия.

Выводы

В этой работе была исследована методика распознавания деятельности людей HAR, используя данные гироскопа и акселерометра GY-521, были применены различные методы машинного обучения для решения задачи многомерной классификации путём поиска временной связанности, завуалированной в наборе данных.

Была проведена работа на извлечение объектов, их выборке и методах классификации в изучаемой проблеме распознавания активности человека. После проведения экспериментов на реальных данных датчиков полученные результаты показали эффективность выбранных нами методов. Результаты вошли в доверенный диапазон и достигли точности 97,41% в случае трёх датчиков для метода SVM. Значение ошибки, при оценке временных рядов, составило около 2%, что показывает адекватность нашей разработанной нейромодели прогнозирования. Эффективность методов показывает, что можно уверенно прогнозировать активность человека с помощью 3 акселерометров на базе компактных устройств типа GY-521 для контроллера Ардуино.

Список литературы

1. Горяев В.М., Селякова С.М., Джахнаева Е.Н. Оценка поправочного коэффициента к норме затрат топлива для зерноуборочных машин // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 1. С. 7–11.
2. Шаповалова А.В. Практическое применение искусственных нейронных сетей в обработке графической информации // Молодой ученый. 2017. № 10. С. 41–43.
3. Kwapisz J.R., Weiss G.M., Moore S.A. Activity recognition using cell phone accelerometers. ACM SIGKDD Explorations Newsletter. 2011. № 12 (2). P. 74–82.
4. Davide Anguita, Alessandro Ghio. A Public Domain Dataset for Human Activity Recognition Using Smartphones. 21th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning, ESANN 2013. Bruges, Belgium 24–26 April 2013. P. 437–442.
5. Andrea Mannini, Angelo Maria Sabatini. Machine learning methods for classifying human physical activity from on-body accelerometers. Sensors. 2010. № 10 (2). P. 1154–1175.
6. Lara O., Labrador M. A survey on human activity recognition using wearable sensors. IEEE Communications Surveys Tutorials, PP(99):1–18. 2012. 598 p.

УДК 621.825.56

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ильичев В.Ю., Юрик Е.А.*Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Калуга, e-mail: patrol8@yandex.ru*

Статья посвящена описанию последовательности проведения экспериментальных исследований, ставящих своей целью определение физических свойств металлических упругих элементов, применяющихся во многих элементах конструкций различных типов машин. Интерпретация результатов проведённых исследований позволяет уточнить методики расчёта многих элементов машин, содержащих упругие элементы разного конструктивного исполнения, но изготовленных из металла. Данная проблема является актуальной и важной, так как при использовании металлических упругих элементов некоторые их физические свойства оказываются неучтёнными, что может привести к существенным ошибкам при проектировании конструкций, и даже к возникновению поломок и серьёзных аварий машин. В свою очередь, это может привести к значительным экономическим потерям на производстве. В статье предложена методика определения свойств металлических упругих элементов при разных видах нагружения. Проведены эксперименты над упругими элементами, состоящими как из одиночных металлических пластин, так и из пластин, собранных в пакеты. В результате обработки результатов эксперимента наглядно показано различие физических свойств одиночных пластин и пакетов, а также отличие жесткостных свойств при разных типах нагружения. Выработаны рекомендации по применению полученных экспериментальных результатов при расчёте элементов машин.

Ключевые слова: упругий элемент, пластинчатая муфта, упругая пластина, пакет металлических пластин, виброизолятор, амортизатор

PILOT STUDY OF PROPERTIES OF METAL ELASTIC ELEMENTS

Ilichev V.Yu., Yurik E.A.*Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, e-mail: patrol8@yandex.ru*

Article is devoted to the description of the sequence of conducting the pilot studies setting as the purpose of determination of physical properties of the metal elastic elements which are applied in many elements of a design of various types of machines. Interpretation of results of the conducted researches allows to specify method of calculation of many elements of the machines containing elastic elements of different design, but made by metal. This problem is relevant and important as when using metal elastic elements, some of their physical properties turn out unaccounted that can lead to essential mistakes at design of structures, and even to emergence of breakages and serious failures of machines. In turn, it can bring with considerable to economic losses on production. In article the technique of determination of properties of metal elastic elements at different types of loading is offered. Experiments with the elastic elements consisting both of single metal plates, and of the plates collected in packages are made. As a result of processing of results of an experiment the distinction of physical properties of single plates and packages and also difference of rigidity properties at different types of loading is visually shown. Recommendations about use of the received experimental results when calculating elements of machines are developed.

Keywords: elastic element, lamellar coupling, elastic plate, package of metal plates, vibroinsulator, shock-absorber

В различных элементах машин, в частности в отрасли энергомашиностроения, применяются упругие элементы, позволяющие реализовать взаимное перемещение соединяемых деталей при сохранении связи между ними.

Обеспечение относительных осевых и радиальных смещений валов необходимо при их тепловых расширениях, в тех случаях, когда приводной механизм не допускает смещений ротора относительно статора, например, когда осевые усилия воспринимаются упорным подшипником, для компенсации расцентровок валов и для уменьшения взаимовлияния валов в роторных системах.

Упругие элементы применяются также в качестве элементов виброизоляторов и амортизаторов.

Упругие элементы могут выполняться из резинового массива, но такие конструк-

ции, как правило, позволяют нести лишь небольшие нагрузки при значительной их деформации. Применение резиновых упругих элементов становится нежелательным или неприемлемым для тяжело нагруженных элементов конструкции, например таких, как муфты, соединяющие роторы турбо- или электропривода и приводных механизмов (насосов, компрессоров и др.), опоры крупных машин с малой опорной поверхностью лап. Даже в случаях, когда нагрузка на резиновом амортизаторе не превышает допустимого значения, но приближается к нему, сильно сокращается срок службы резинового элемента, а также в значительной мере ухудшаются его виброизолирующие свойства.

Муфты с металлическими упругими элементами обладают такими достоинствами, как высокая нагрузочная способность

и возможность работы в широком интервале температур [1, 2], которыми не обладают резиновые амортизаторы. Также металлические упругие элементы отличаются повышенной долговечностью, из-за более высоких прочностных характеристик металла по сравнению с резиной. Однако недостатком использования металла является то, что в случае необходимости обеспечения малой жёсткости конструкции, металлические упругие элементы должны иметь малую толщину. При этом нагрузочная способность муфты может оказаться недостаточной. Для повышения допустимой нагрузки, передаваемой металлическими упругими элементами, их собирают в пакеты из нескольких пластин (рис. 1).

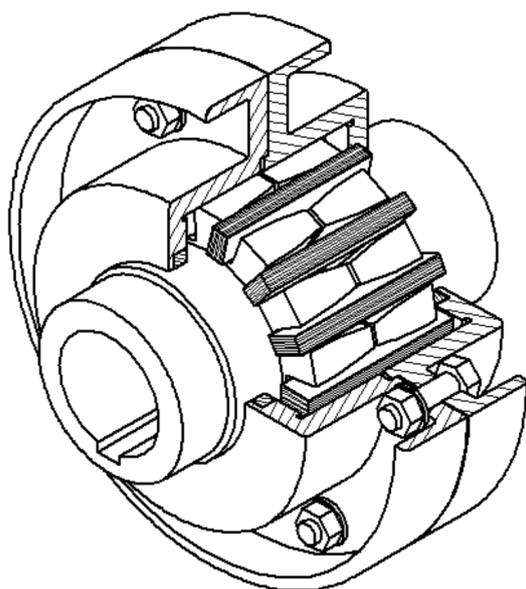


Рис. 1. Пример выполнения упругих элементов соединительной муфты привода в виде пакетов металлических пластин

При проведении расчётов упругого элемента, выполненного в виде пакета тонких металлических пластин, принято считать, что жёсткость пакета равна сумме жёсткостей отдельных пластин. Однако при этом не учитывается такое физическое явление, как трение между пластинами в пакете, по аналогии с внутренним трением (демпфированием), которым характеризуются резиновые упругие элементы. Влияние данного явления на свойства пакетов металлических пластин было проверено в ходе выполнения экспериментов, описанных в данной работе.

Определение демпфирующей способности пакетов пластин также необходимо в случае их использования в качестве виброизоляторов, так как коэффициент демпфи-

рования напрямую характеризует качество поглощения вибрации упругим элементом.

Другое предположение, проверяемое в ходе эксперимента – это различие статической (при очень медленном нагружении) и динамической (при вибрационном нагружении) жёсткостей пакетов металлических пластин, а также наличие гистерезиса (различия) статической жёсткости при нагружении и разгрузке, по аналогии с указанными свойствами резиновых упругих элементов.

Материалы и методы исследования

Измерения производились на специальном приспособлении, которое подробно описано в работе [3].

Статическая жёсткость пакетов пластин, а также отдельных пластин размером $110 \times 30 \times 1$ мм, выполненных из стального листа, определялась для случая их опирания по концам. Известная нагрузка прикладывалась посередине пакета; деформация измерялась индикаторами часового типа. Показания индикаторов записывались только после полного установления значений (так как необходимо было снять результаты именно статических измерений). Результаты измерений приведены на рис. 2, где показаны зависимости деформации металлических упругих элементов от величины прикладываемой нагрузки при разном количестве пластин в пакете.

Динамическая жёсткость пакетов пластин определялась также для случая опирания пакетов по концам. Посередине пакета устанавливалась известная масса, которая раскачивалась вибратором для нахождения резонансной частоты, а также записывались затухающие колебания после ударного возбуждения массы.

Динамическая жёсткость вычислялась по значению измеренной резонансной частоты, которая практически сохранялась при обоих способах возбуждения массы.

Коэффициенты демпфирования определялись по скорости затухания установленной на упругом элементе массы.

Результаты измерений динамической жёсткости и демпфирования упругих элементов приведены на рис. 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Как и ожидалось, из-за наличия трения между пластинами в пакете, графики деформации при нагружении и разгрузке (прямого и обратного хода) не совпадают, образуя гистерезисную петлю (рис. 2). При увеличении количества пластин в пакете ширина петли гистерезиса увеличивается. При нагружении и разгрузке одиночных металлических пластин различия деформации не наблюдается.

Для проведения практических расчётов принято осреднять величины статической жёсткости, полученные при нагружении и разгрузке. Эти осреднённые значения приведены на рис. 3.

СТАТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПАКЕТОВ ПЛАСТИН

Нагрузка Р, кг	исло пластин в пакете							
	13		7		3		1	
	прям. ход	обрат. ход	прям. ход	обрат. ход	прям. ход	обрат. ход	прям. и обрат. ход	
0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0.03	0.05	0.06	0.06	0.1	0.1	0.12	
10	0.06	0.1	0.11	0.13	0.19	0.19	0.25	
15	0.1	0.14	0.17	0.19	0.27	0.28	0.36	
20	0.14	0.18	0.22	0.25	0.35	0.37	0.49	
25	0.18	0.22	0.27	0.3	0.43	0.45	0.62	
30	0.22	0.25	0.32	0.35	0.5	0.51	0.73	
35	0.26	0.28	0.38	0.4	0.57	0.58	0.85	
40	0.31	0.31	0.44	0.44	0.65	0.65	0.97	

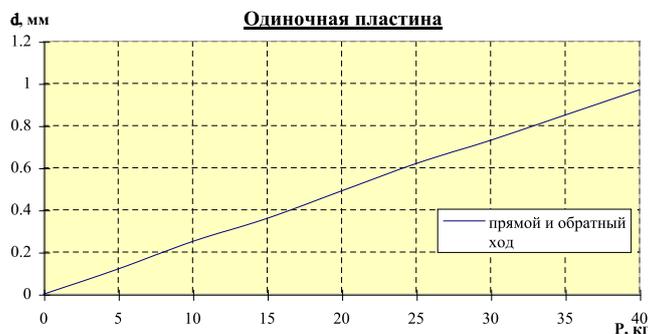
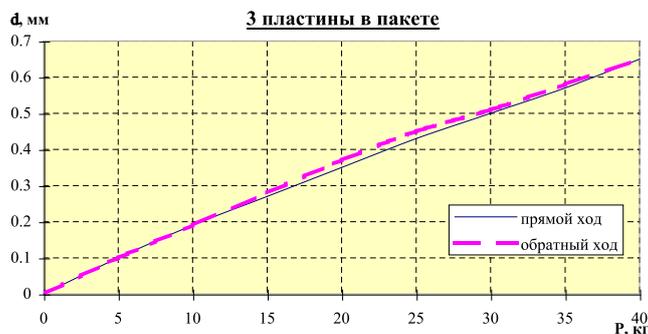
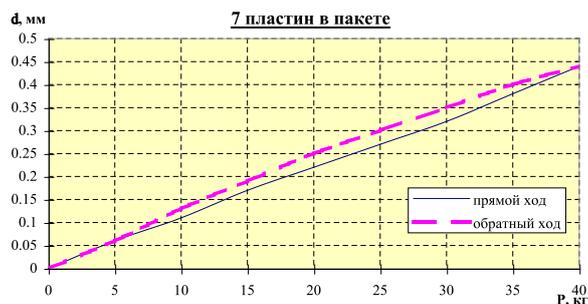
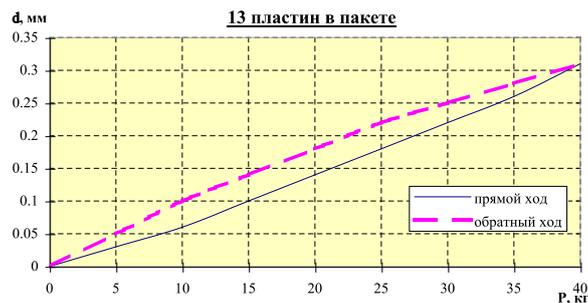


Рис. 2. Результаты измерения деформации металлических упругих элементов при нагружении и разгрузке

№ п/п	Число пластин	Масса груза	Период колебаний	Частота колебаний	Декремент затухания	Коэф. демпфирования	Динамич. жёсткость	Статич. жёсткость	$\frac{c_D}{c_c}$
		$m, \text{ кг}$	$\tau_D, \text{ с}$	$f_D, \text{ Гц}$	δ	$\mu, \text{ Н·с/м}$	$c_D, \text{ Н/м}$	$c_c, \text{ Н/м}$	
1.	13	39	0,018	55,6	1,37	5937	$4,76 \cdot 10^6$	$1,23 \cdot 10^6$	3,87
2.	7	39	0,024	41,7	0,87	2828	$2,68 \cdot 10^6$	$8,18 \cdot 10^5$	3,28
3.	3	12	0,019	52,6	0,75	947	$1,31 \cdot 10^6$	$5,77 \cdot 10^5$	2,27
4.	1	12	0,035	28,6	0,37	254	$3,88 \cdot 10^5$	$4,09 \cdot 10^5$	0,95

Затухающие колебания массы, закреплённой на пакетах пластин

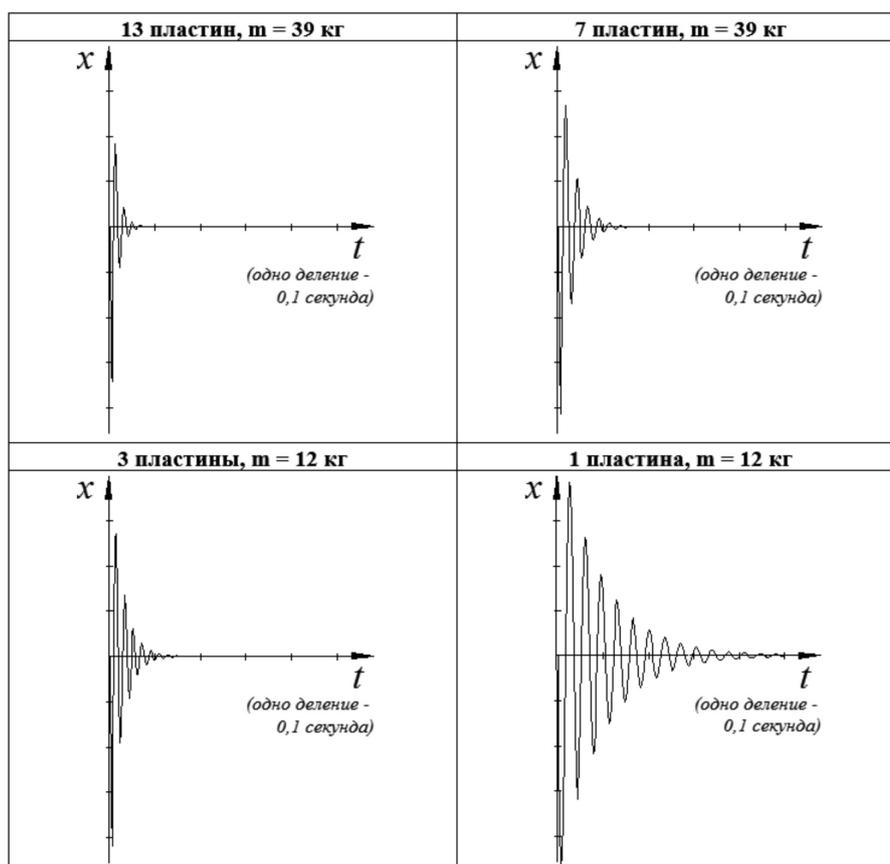


Рис. 3. Результаты определения жёсткостей и коэффициентов демпфирования металлических упругих элементов

Возникновение петли гистерезиса указывает на то, что между металлическими пластинами, собранными в пакеты, есть значительное трение. Это «внутреннее» трение упругого элемента учитывается коэффициентами демпфирования, которые были определены в ходе описанных экспериментальных исследований. Из рис. 3 видно, что внутреннее трение возрастает при увеличении количества пластин, составляющих пакет. Это можно объяснить увеличением площади поверхностей трения.

Это внутреннее трение (демпфирование) может быть полезным в случае, когда упругий элемент применяется в качестве амортизатора или виброизолятора. Если же пакеты металлических пластин применяются в соединительных муфтах приводов, повышенное демпфирование нежелательно, так как может привести к возникновению постоянных и переменных сил и моментов, действующих на элементы муфт и соединяемых валов, как это было показано в работах [4, 5]. В та-

ком случае оправданным может являться снижение количества металлических пластин в пакете или размещение между пластинами вставок, обладающих малым коэффициентом трения, изготовленных, например, из фторопласта.

Выводы

Таким образом, была отработана методика экспериментального определения физических свойств металлических упругих элементов, выполненных в виде одиночных пластин, а также пакетов пластин.

Полученные данные экспериментальных исследований показали наличие так называемого упругого статического гистерезиса жесткостных свойств пакетов (при очень медленном нагружении и разгрузке упругих элементов) из-за наличия трения между пластинами, а также различие жесткостей при разных видах нагружения. Эти свойства необходимо учитывать при проектировании элементов машин – муфт, амортизаторов и виброизоляторов, содержащих данные элементы.

Например, при проектировании соединительных муфт подбором нужных жесткостных и демпфирующих свойств упругих

элементов можно добиться существенного снижения переменных сил и моментов, возникающих при несоосностях валов.

Также статический гистерезис приводит к возникновению потерь энергии внутри пакетов металлических пластин, что может быть использовано при оценке эффективности существующих типов виброизоляторов и при проектировании новых. Однако в некоторых случаях данные потери энергии могут оказаться нежелательными, так как они уменьшают КПД системы.

Список литературы

1. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.Я. Справочник по муфтам. Ленинград: Машиностроение, 1979. 343 с.
2. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Кирп А.В. и др. Детали машин и основы конструирования / Под ред. М.Н. Ерохина. 2 изд. перераб. и доп. М.: Колос, 2011. 512 с.
3. Ильичев В.Ю., Витчук П.В. Исследование динамических характеристик пластинчатых муфт. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 4. С. 217–225.
4. Гроховский Д.В. Основы рационального конструирования муфт и их влияние на динамику соединяемых валов машинных агрегатов // Вестник машиностроения. 2011. № 2. С. 3–15.
5. Абрамов Б.Н. Влияние конструкции муфт механизма передвижения мостовых кранов на динамику их нагружения // Подъемнотранспортное дело. 2015. № 5–6. С. 13–16.

УДК 004.9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ КОМПЬЮТЕРОВ**Коваленко С.М., Романов А.М., Петушков Г.В.***ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва,
e-mail: oplatonova@gmail.com*

В работе рассмотрены перспективы развития аппаратной платформы компьютеров в целях наращивания производительности современных компьютерных средств. Наращивание производительности компьютерных средств может осуществляться за счет совершенствования элементной базы компьютеров и за счет наращивания числа вычислительных модулей на основе микропроцессоров в вычислительной системе. В работе рассматриваются оба направления. В частности, рассматриваются проблемы перехода к памяти на мемристорах и замены медных проводников на фотонику для соединения процессоров с памятью. Использование мемристоров позволит серьезно улучшить характеристики памяти компьютеров по быстродействию и сделать большую ее часть энергонезависимой. Увеличение числа ядер в применяемых микропроцессорах повышает их производительность при обработке данных, однако требует сетевых средств для объединения ядер в систему на кристалле. Использование фотоники в соединениях не только повышает скорость передачи информации, но и позволяет эффективно наращивать число модулей в высокопроизводительных системах. В работе рассмотрены перспективы квантовых вычислительных систем, описаны наиболее известные проекты по развитию квантовых вычислений и приведены ожидаемые технические характеристики для подобных систем. Выбор оптимального числа модулей зависит как от производительности самих модулей, так и от скоростей передачи информации между ними. В работе приведены оценки оптимального числа модулей в высокопроизводительной вычислительной системе для вариантов выполнения межмодульных связей проводом и оптическими соединителями. Переход на оптические соединители упрощает масштабирование высокопроизводительных микропроцессорных вычислительных систем.

Ключевые слова: память компьютера, микропроцессоры, оптические соединения, структура многопроцессорных систем, производительность вычислений, масштабирование высокопроизводительных систем

PROSPECTS FOR COMPUTER HARDWARE PLATFORM DEVELOPMENT**Kovalenko S.M., Romanov A.M., Petushkov G.V.***Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «MIREA – Russian Technological University», Moscow, e-mail: oplatonova@gmail.com*

In the article the prospects for the development of the computer hardware platform are considered in order to furnish the modern computer tools' productivity growth. The computer tools' productivity growth can be achieved by improving the computers element base and by increasing the number of computation modules based on microprocessors in the computing system. Both directions are considered in the article. In particular, the transition to memory on memristors and the replacement of copper conductors on a photonics to provide a processor-to-memory connection are considered. The use of memristors will significantly improve the memory characteristics of computers in terms of operation speed and make most of it non-volatile. The increase in the number of cores in the microprocessors improves their performance in processing data, but requires network resources for combining the cores into a system on a chip. The use of photonics in connections not only increases the speed of information transfer, but also allows you to effectively increase the number of modules in high-performance systems. In the article the prospects of quantum computing systems are considered, the most famous projects on the development of quantum computing are described, as well as the expected technical characteristics for such systems are provided. The choice of the optimal number of modules depends both on the performance of the modules and on the speeds of information transfer between them. The paper presents estimates of the optimal number of modules in a high-performance computing system for variants of making intermodular connections by a wire and optical connectors. Switching to optical connectors simplifies the scaling of high-performance microprocessor-based computing systems.

Keywords: computer memory, microprocessors, optical connections, the structure of multiprocessor systems, performance computing, scaling of high-performance systems

Развитие информационных технологий требует постоянного наращивания производительности современных компьютерных средств, поскольку на повестку дня ставятся все более сложные задачи в таких областях, как наука, управление, разработка новых систем средствами САПР. Наращивание производительности компьютерных средств может осуществляться за счет совершенствования элементной базы компьютеров и за счет наращивания числа вычислительных модулей на основе микропроцессоров в высокопроизводительной вычислительной

системе. Наращивание числа вычислительных модулей должно производиться с учетом соответствующего роста «накладных» расходов на передачу данных между модулями. В работе рассматриваются оба подхода и устанавливается, что для получения эффекта роста производительности эти подходы надо использовать в комплексе.

Целью исследования является установление того, насколько может повыситься производительность вычислительных систем при использовании новой элементной базы в виде мемристоров в памяти компьютеров, на-

сколько уменьшатся «накладные» расходы на передачу данных при использовании высокоскоростных оптических соединителей, и того, как можно изменить структуру высокопроизводительной вычислительной системы при использовании новых оптических соединителей и многоядерных микропроцессоров для повышения производительности и улучшения масштабирования вычислительной системы.

Материалы и методы исследования

Технологии памяти последние годы развивались «в тени» технологий микропроцессоров (МП). Главной идеей «перезагрузки» мира вычислений исследователи из фирмы Hewlett-Packard (HP) предлагают сделать преобразование памяти компьютеров. Изменение иерархии запоминающих устройств (ЗУ), наращивание их объемов позволит, по их мнению, вывести на новый уровень производительность вычислений [1, 2].

В целом инициатива «TheMachine» фирмы HP включает три основных компонента: первое – переход от нынешней иерархии компьютерной памяти (кэш-память, оперативная память, диски) к памяти на мемристорах; второе – замена медных проводников на фотонику для соединения МП с оперативным ЗУ; третье – использование набора специализированных устройств в чипе МП наряду с универсальными процессорами.

В исследовательской лаборатории HP Labs выполнено множество работ, причем к числу наиболее важных относятся работы, связанные с мемристорами [3]. Память на мемристорах представляет из себя энергонезависимое устройство, способное хранить большие объемы данных и работающее со скоростью оперативного ЗУ. В основе мемристора лежит уникальное свойство диоксида титана – электрическим сопротивлением этого полупроводника можно управлять за счет подачи тока разного направления. В результате в материале полупроводника возникает эффект гистерезиса (аналогичный магнитному гистерезису), необходимый для сохранения двух устойчивых состояний (хранение единицы и нуля). Размеры мемристора составляют несколько нанометров, а скорость срабатывания измеряется наносекундами. Исследователи фирмы HP сообщают о том, что принципиально решили технологические проблемы создания мемристоров с воспроизводимыми свойствами.

Вероятно, что компьютеры, разрабатываемые в проектах «TheMachine», сохраняют кэш-память МП, расположенную на кристалле МП [1], но главное то, что разрабатываемое ЗУ на мемристорах позволит отказаться от остальных уровней памяти, заменив их быстрым оперативным ЗУ большого объема на мемристорах. Кроме таких очевидных преимуществ, как возможность ускорить доступ к данным и неограниченное масштабирование, мемристоры позволят заметно сократить энергопотребление. В современных системах ЗУ большая часть энергии уходит не на обработку, а на перемещение данных между уровнями памяти, тогда как ЗУ на мемристорах снизит эти потери.

Что касается второго направления инициативы: в 2006 г. корпорация Intel продемонстрировала кремниевый лазер, объединяющий излучение и распространение света по кремниевому волноводу. Оптические каналы обладают большей пропускной способностью, чем существующие медные, а теоретический предел

скорости передачи данных по оптоволокну оценивается в 10 ТБ/с (Б – байт). Исследователями HP Labs сообщалось о создании оптической шины с пропускной способностью 1 ТБ/с. Для реализации технологии полупроводниковой фотоники необходимы несколько основных компонентов на основе лазера. Все принципиальные проблемы в этой области решены.

Третий компонент инициативы можно рассматривать как МП, собираемый из универсальных ядер и ядер специального назначения. Такой вариант называют гетерогенными компьютерными структурами. Вначале обращение к гетерогенным структурам казалось способом ускорить параллельные вычисления за счет использования потенциала графических процессоров. Вскоре стало ясно, что это направление перспективно во многих применениях. Ведущие производители МП развивают гетерогенные структуры на процессорном уровне: NVIDIA в проекте Project GPU; AMD в микропроцессоре Kaveri, МП производства IBM Power8 имеет в ядре два арифметических устройства (АУ) для выполнения операций с фиксированной точкой, АУ для операций с плавающей точкой, 2 АУ для выполнения векторных операций и еще одно АУ – для криптографических операций [4].

Инициатива «TheMachine» в целом делает память сердцем компьютера. Концепцию компьютерной системы, стержнем которой является память, называют Memory Driven Computing (MDC) [1]. Операционные системы общего назначения можно адаптировать к новой среде, насыщенной быстрой памятью. Например, это будет ОС Linux, провести быструю трансформацию которой позволит динамичное сообщество разработчиков. Как MDC изменит компьютерные приложения? Благодаря меньшей задержке доступа и увеличенной пропускной способности памяти нового типа, разработчики смогут добиться повышения производительности систем. Это даст возможность ставить и решать новые задачи по обработке данных. Например, «умная» видекамера, содержащая алгоритмы машинного обучения, может записывать видеопоток высокого разрешения в память, сохраняя недели и месяцы съемки видео в полном качестве и одновременно создавая шаблоны распознавания лиц.

Основным направлением развития современных высокопроизводительных микропроцессоров (МП) по-прежнему остается наращивание числа ядер на кристалле микропроцессора. Фирма Intel в своих процессорах XeonPhi использует на кристалле до 60 ядер, работающих на частоте 1,1 ГГц [5, 6]. В середине 2016 г. исследователи из Калифорнийского университета в Дейвисе представили 1000-ядерный процессор KiloCore [7]. При изготовлении МП корпорация IBM использовала 32-нм технологический процесс. Каждое ядро процессора может работать самостоятельно и выполнять свою микропрограмму. Каждое ядро работает на своей собственной тактовой частоте и может быть отключено для экономии энергии. Максимальная тактовая частота ядер ограничена значением 1,78 ГГц. Проблемой для таких многоядерных кристаллов является обмен информацией между ядрами. Использовать общую память на кристалле в виде кэша 2 или 3 уровня невыгодно, поскольку общая память становится узким горлышком при обработке данных. В предыдущих разработках фирмы IBM, процессорах серии Cell, для обмена данными между процессорами на кристалле использовались сетевые средства на основе сети TokenRing, замыкавшие в кольцо связи между ядрами процессора (рис. 1).

Cell (IBM)

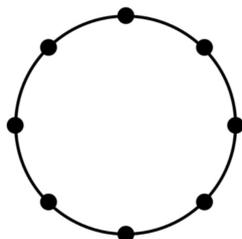


Рис. 1. Кольцо связи между ядрами процессора

Таким образом сети пришли уже на уровень отдельного кристалла.

Компания Hewlett-Packard разрабатывает прототип процессора, основанного на элементах, выполняемых по структуре, получившей название «кроссбар» [8].

Кроссбар структура представляет собой набор параллельных проводников шириной около 50 нм, которые пересекаются другим набором таких же проводников (рис. 2).



Рис. 2. Кроссбар структура, исследуемая компанией Hewlett-Packard

Между ними находятся прокладки из материала (мономолекулярное соединение), который под действием приложенного напряжения может изменять свою проводимость. Регулярная структура из проводников делает их изготовление достаточно простым. В местах пересечения проводников формируются структуры, аналогичные интегральным транзисторам, на основе чего можно создавать МП по уже основным архитектурам.

Помимо этих разработок, ученые-физики предлагают производителям аппаратной и программной платформ перейти на выпуск совершенно новых устройств – программируемых квантовых процессоров.

Состав квантового процессора сводится к набору элементов, которые под воздействием управляющих электродов и волноводов способны принимать взаимозависимые квантовые состояния. В технологии производства такие устройства не требуют дополнительных ресурсов, поскольку, как и большинство современных процессоров, они создаются на основе кремния. Работы по созданию квантовых систем ве-

дутся уже достаточно давно. Преимуществом квантовых компьютеров является высокая скорость обработки информации для определенных классов задач, которая позволит им решать задачи, непосильные для классических компьютеров.

В 2017 г. команда Google заявила, что планирует разработать квантовый чип, который сможет обогнать по скорости вычислений существующие компьютеры [9]. Google уже опубликовала отчет об использовании чипа с 9 кубитами, выстроенными линейно. Цель команды Google – создать массив из 49 кубитов для проведения эксперимента. Такое количество позволит достигнуть так называемого квантового превосходства, когда ни один классический компьютер не сможет сравниться с квантовым по мощности вычислений.

В 2014 г. в мире уже существовал компьютер D-Wave, который в том числе приобрели и в Google. Однако такую систему нельзя считать полноценным квантовым компьютером. У D-Wave было 512 кубитов, которые не были связаны между собой.

В 2017 г. появлялись сообщения о других группах и компаниях, получивших результаты в создании квантового компьютера. В частности, о создании 50-кубитного квантового компьютера сообщила фирма IBM. Однако подробной информации о своих разработках они не раскрывают. Компания Intel сообщила о разработке первого экспериментального 17-кубитного квантового чипа. Основной целью новых исследований станет поиск метода коррекции ошибок в коде для квантового кристалла. Новый метод коррекции ошибок поможет не только улучшению существующего 17-кубитного процессора Intel, но и сделает возможным расширение возможностей квантовых вычислительных систем. Кроме того, Intel применила ряд инноваций в архитектуре. Основной отличительной чертой чипа является метод «укладки» кубитов.

Самой главной проблемой сверхпроводящих кубитов является их структура и взаимное расположение. Они весьма чувствительны к помехам в виде электромагнитных волн, а влияние этих помех можно устранить благодаря правильному их взаимному расположению. Сами кубиты работают при температуре 20 милликельвинов, что уже является экстремальными условиями для полупроводниковых чипов. Кроме того, Intel применила технологию «перевернутого кристалла», что улучшает работу чипа в условиях сверхнизких температур. По заявлению Intel, в теории компания может создать чип с миллионом кубитов, однако, еще нет надежных и эффективных технологий управления ими в таком количестве.

Увеличится эффективность высокопроизводительных вычислений (HPC) для задач, выполняемых на многопроцессорных системах при алгоритмах, имеющих сильные связи по данным. Одним из авторов работы проводилось исследование влияния характеристик сети передачи данных на организацию работы параллельных вычислительных систем [10]. В упоминаемой работе получено выражение для оценки оптимального значения числа вычислительных модулей (VM) в многопроцессорной вычислительной системе, в которой выполняется расчетная задача, имеющая сильные связи по данным, т.е. требующая сравнительно больших объемов обменов данных между отдельными VM, выполненными на основе МП и блоков локальной оперативной памяти. Структура вычислительной системы, состоящей из набора VM, объединенных сетью связи, приведена на рис. 3.



Рис. 3. ВС, состоящая из набора VM, объединенных сетью

В работе [8] получено, что оптимальное значение числа VM K , определяющее минимальное время выполнения программы, прямо пропорционально корню квадратному значению скорости передачи данных V , обеспечиваемому в сети передачи данных вычислительной системы. Для значений $V = 1$ Гбайт/с, значения K для современных вычислительных систем получены в интервале 1–10 VM [9]. Использование оптической шины со скоростью передачи информации $V = 1$ Тбайт/св сети передачи данных поднимет оптимальное число VM более чем в 30 раз (33–330 VM), что сильно увеличивает эффективность работы многопроцессорной и многомодульной вычислительной системы.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведенный пример показывает, что эффективность работы аппаратной платформы компьютеров и систем может быть серьезно увеличена при использовании перспективных решений как в области разработки памяти компьютера, так и в области совершенствования сети передачи данных вычислительной системы. Совершенствование сети передачи данных позволяет снизить «накладные» расходы на передачу данных и более эффективно проводить масштабирование высокопроизводительных вычислительных систем.

Выводы

К основным выводам по данной работе можно отнести следующие положения:

1. В вычислительных системах на основе современных МП сети для объединения вычислителей в систему уже проникли на все уровни: на кристалле сети объединяют ядра, в VM сети объединяют МП в систему, на уровне вычислительной системы сетями объединяют VM. Снижение задержек в свя-

зях непосредственно влияет на повышение производительности систем, причем задержки в связях становятся более значимыми по мере роста числа ядер в МП и числа VM в вычислительной системе.

2. Снижение задержек в связях между VM позволяет более эффективно масштабировать вычислительные системы, поскольку рост числа VM в системе не ведет к существенному возрастанию «накладных» расходов на передачу данных.

Список литературы

1. Кирк Б., Шарад С., Стенли В. Как преуспеть в условиях экономики изобилия памяти? // Открытые системы. СУБД. 2016. № 2. С. 25–32.
2. Черняк Л. The Machine будущее сегодня // Открытые системы. СУБД. 2014. № 6. URL: <http://www.osp.ru/os/2014/06/13042318> (дата обращения: 22.10.2018).
3. Горшечников А., Чандлер Б., Снайдер Г., Левейль Д., Картер Д., Версаче М., Мухаммад Шакил Куреши, Эмерсон Р., Эймс Х., Хишам Абдалла, Шон Патрик, Эннио Минголла. Применение мемристоров для создания электронного мозга // Открытые системы. СУБД. 2011. № 3. С. 48–53.
4. Гоц Р. Escala двадцать лет спустя // Открытые системы. СУБД. 2016. № 4. С. 44–51.
5. Лилитко Е. Есть ли жизнь после закона Мура // Суперкомпьютеры. 2014. № 3. С. 47–51.
6. Черняк Л. Шесть лет из жизни серверов на ARM // Суперкомпьютеры. 2014. № 3. С. 14–15.
7. 1000-ядерный процессор [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnews.ru/news/top/2016-06-20> (дата обращения: 22.10.2018).
8. Кроссбар-архитектура, исследуемая компанией HP [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cnews.ru/news/top/2016-03-16> (дата обращения: 22.10.2018).
9. Google D-Wave [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geektimes.ru/post/2894916> (дата обращения: 22.10.2018).
10. Коваленко С.М. О влиянии характеристик сети передачи данных на организацию работы параллельных вычислительных систем // Вестник МГТУ МИРЭА. Электронный журнал. 2014. № 2. С. 49–52.

УДК 004.89:519.24

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ БРЕНДА КОМПАНИИ**Комаров П.И., Гусарова О.М., Таранец С.А.***ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Смоленск,
e-mail: om.gusarova@mail.ru*

Создание и функционирование мировой экономической системы предполагает не только развитие международного сотрудничества в различных областях экономики, торговли, совместных инвестиционных проектов по разработке и освоению природных ресурсов, но и усиление конкурентной борьбы между компаниями, представляющими интересы своих стран на международной арене. Ведущие мировые компании, поставляющие однородный товар на международный рынок, вкладывают большие финансовые средства в продвижение своего бренда, так как именно продвинутый популярный бренд, подкрепленный качеством поставляемого товара, способствует привлечению покупателей и определяет уровень продаж брендового товара. Актуальной проблемой является оценка стоимости бренда компании, зависящая от большого количества внешних и внутренних факторов. Данная публикация посвящена проектированию модели оценки стоимости бренда с использованием методов вероятностно-статистического моделирования. Наряду с другими методами вероятностно-статистического моделирования искусственные нейронные сети могут оказать неоценимую помощь в оценке стоимости бренда компании в условиях большого количества изменяющихся во времени факторов. В результате осуществленного исследования с целью получения стоимостной оценки бренда компании была построена искусственная нейронная сеть. Нейронная сеть построена как двухслойный перцептрон с одним скрытым слоем с сигмоидными активационными функциями. Приведен аналитический аппарат, базирующийся на теореме Колмогорова – Арнольда – Хехт-Нильсена, позволяющий определить количество нейронов в скрытом слое и необходимое количество синаптических весов нейронной сети. Модель искусственной нейронной сети выполнена в программном продукте R Studio. Осуществлена оценка погрешности модели в зависимости от количества нейронов в скрытом слое, и значимости факторов, подаваемых на вход нейронной сети. Практическая значимость нейросетевой модели заключается в возможности ее использования для оценки стоимости брендов ведущих мировых компаний.

Ключевые слова: стоимость бренда компании, вероятностно-статистическое моделирование, искусственная нейронная сеть

NEURAL NETWORK MODEL OF COMPANY BRAND COST ESTIMATION**Komarov P.I., Gusarova O.M., Taranetz S.A.***Finance University under the Government of the Russian Federation, Smolensk,
e-mail: om.gusarova@mail.ru*

Creating and functioning of the world economic system imply not only the development of international cooperation in different spheres of economy, trade, joint investment projects in extracting and allocating natural resources, but the intensification of competition among companies that represent interests of their countries on the world stage. The leading world companies supplying the same goods to the international market contribute large funds to promote their brands since only the promoted popular brand supported by the quality of the supplied goods helps to attract buyers and determines the level of the brand goods sales. The urgent problem is the assessing the cost of the company brand that depends on the number of external and internal factors. The article is devoted to the modelling the cost estimation of a brand using the methods of probable statistics modelling. Along with other methods of probable statistics modelling, the artificial neural networks can contribute greatly into the cost estimation of the company brand under the conditions of a great number of changing factors. As a result of the performed study aimed at the cost estimation of the company brand, the artificial neural network was created. The neural network is created as a two-layer perceptron with one hidden layer with sigmoid activation functions. The author uses the analytical terminology based on the Kolmogorov-Arnold-Heht-Nilsen law that allows to determine the number of neurons in the hidden layer and the required number of synaptic weights of the neural network. The model of the artificial neural network was made using R Studio software. The author performed the error estimation of the model depending on the number of neurons in the hidden layer and significance of factors at the entrance of the neural network. The practical value of the neural network model is based on the possibility of its using for the brand cost estimation of the leading world companies.

Keywords: company brand cost estimation, probable statistics modelling, artificial neural network

В сложных условиях ужесточения конкурентной борьбы между ведущими мировыми компаниями актуальной является проблема определения стоимости бренда, отражающая позицию компании на рынке и ее долю в рыночной капитализации. Нематериальные активы компании в настоящее время стали весомым аргументом в конкурентной борьбе. Бренд компании или продукта занимает особое место среди нематериальных

активов, способствуя удержанию уже имеющихся и привлечению новых покупателей.

Проблемам эффективного менеджмента и продвижения бренда компании посвящен ряд научных публикаций [1, 2]. Обзор информативно-аналитических технологий прогнозирования деятельности компаний посвящены работы ряда авторов [3].

Цель исследования: разработка модели оценки стоимости бренда компании с по-

мощью искусственных нейронных сетей (ИНС), а также анализ возможностей, предоставляемых данной моделью при ее практическом использовании.

Материалы и методы исследования

При проектировании модели оценки стоимости бренда использовались статистические данные оценки стоимости брендов по версии Forbes [4, 5]. В качестве материалов исследования использовалась информация о стоимости 100 самых «дорогих» брендов ведущих мировых компаний. В табл. 1 приведена структура статистической выборки.

Таблица 1
Структура статистической выборки

Brand Value (USD B)	Brand Revenue (USD B)	Company Advertising (USD B)	Period (yr)	Employees	Market Cap (USD B)	Revenue (USD B)	Assets (USD B)	Profits (USD B)	Code Industry
---------------------	-----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	--------------------	-----------------	----------------	-----------------	---------------

При осуществлении исследования использовались общенаучные методы анализа и синтеза, методы вероятностно-статистического моделирования, методы моделирования при помощи искусственных нейронных сетей.

Результаты исследования и их обсуждение

Использование общенаучных методов анализа и синтеза заключается в предварительном проектировании концептуальной модели оценки стоимости бренда компании, на основе которой будет осуществлено построение модели оценки стоимости бренда при помощи искусственных нейронных сетей и дальнейшая вероятностно-статистическая оценка погрешности полученной модели. Некоторые аспекты данного направления рассмотрены в [6–8].

Концептуальная модель стоимостной оценки бренда включает в себя два аспекта:

- с точки зрения операционной деятельности на стоимость бренда влияет совокупная маржа при продажах, получаемая или за счет увеличенной наценки на брендовый товар;

- с точки зрения капитализации стоимость бренда может рассматриваться как актив для последующей продажи инвестору или фактор влияния на курс акций компании.

При оценке стоимости бренда возможно использование следующих подходов:

- Затратный. Сущность подхода заключается в суммировании всех средств, вложенных в создание и продвижение бренда. Подход весьма спорный, потому, что, во-первых, произведенные затраты сами по себе ничего не гарантируют с точки зрения эффективности бренда. Во-вторых, бренд – это динамичное и многозначное понятие, эффективность которого определяется тем, что определяет сознание потребителя и что стимулирует покупки.

- Ориентация на капитализацию компании. Сущность подхода заключается в вычитании из рыночной стоимости компании ее активов. Полученный остаток – это скорее гудвилл, включающий в себя, в том числе и стоимость бренда. Кроме того, существует проблема с определением рыночной стоимости компании, для этого компания должна быть представлена на бирже или быть оцененной рынком [9].

- Освобождение от стоимости. Сущность подхода: оценивается роялти, который нужно заплатить за бренд. Подход требует отделения бренда от продукта. Но в случае правильно построенного бренда такое отделение практически невозможно, хороший бренд – это неотъемлемая часть продукта и причина того, что покупатель выбирает именно этот продукт. Таким образом, для оценки стоимости бренда необходимо его отделить от продукта, а с другой стороны, качественный бренд нельзя отделить от продукта.

- Дисконтирование денежного потока. Данный подход является наиболее эффективным, так как в наибольшей степени отражает сущность бренда. Действительно, бренд создается для того, чтобы он обеспечивал добавочную стоимость, т.е. дополнительный денежный поток, который прибавляется к стоимости основного продукта. Оценив этот поток, можно использовать его для оценки капитализации бренда.

- Рыночная стоимость. Данный подход заключается в определении цены, о которой договорились обе стороны рыночных отношений: покупатель и продавец. В качестве ориентира могут быть использованы сведения об аналогичных сделках, заключенных в последнее время по группе аналогичных товаров.

В ходе исследования для оценки стоимости бренда осуществлено проектирование искусственной нейронной сети (ИНС) в среде R Studio. Разработка модели на основе ИНС требует достаточного объема достоверной и полной информации. Для построения модели оценки стоимости бренда могут использоваться различные источники информации, но в любом случае эта инфор-

мация должна удовлетворять условию статистической значимости.

Одним из принципов вероятностно-статистического моделирования является сохранение тенденций, определяющих динамику развития объекта исследования, в периоде обучающей выборки и в периоде упреждения, т.е. временном интервале использования модели, полученной при помощи ИНС.

Статистическая выборка, используемая для построения модели, включает в себя обучающую выборку, используемую непосредственно для построения модели и расчета ее числовых параметров и тестовую выборку, предназначенную для проверки адекватности модели и, следовательно, ее способности достоверно определять стоимость бренда компании с определенной точностью. На обучающей выборке в соответствии с алгоритмом обучения рассчитываются значения весовых коэффициентов, которые влияют на возбуждение (или невозбуждение) нейронов ИНС при определенных значениях входных сигналов.

Как видно из табл. 1, на вход подаются 10 переменных, определяющих значение одной выходной переменной «Brand Value (USD B)». Числовую информацию, подаваемую на вход персептрона, рекомендуется нормировать, т.е. сделать диапазоны изменения в пределах интервала [0; 1]. Вся информация, с которой оперирует нейронная

сеть, должна носить числовой характер, поэтому отрасль экономики, в которой функционирует компания, представляется цифровыми кодами.

Исходная выборка представлена данными 43 компаний. Из выборки были исключены некоторые мультибрендовые компании. Кроме того, была удалена колонка «Изменение стоимости бренда по сравнению с предыдущим годом», потому что содержащаяся в ней информация по сути дела констатировала данные о текущей стоимости бренда. Полученная выборка была разделена на обучающую выборку (35 позиций) и тестирующую (8 позиций).

В соответствии с теоремой Колмогорова – Арнольда – Хехт-Нильсена нейронная сеть построена как двухслойный персептрон с одним скрытым слоем с сигмоидными активационными функциями. Следует отметить, что активационные функции не обязательно должны быть сигмоидными, достаточно, чтобы они были нелинейны и дважды дифференцируемы. Однако практика доказывает, что наилучшие результаты получаются при использовании в качестве активационных функций сигмоидных функций, которые были установлены нейробиологами при изучении человеческого мозга.

Из теоремы Колмогорова – Арнольда – Хехт-Нильсена следует формула для расчета необходимого количества синаптических весов нейронной сети:

$$\frac{N_y * Q}{1 + \log_2 Q} \leq N_w \leq N_y * \left(\frac{Q}{N_x} + 1 \right) * (N_x + N_y + 1) + N_y, \quad (1)$$

где N_x – количество нейронов входного слоя (входных переменных);

N_y – количество нейронов выходного слоя (выходных переменных);

Q – количество элементов обучающей выборки;

N_w – необходимое число синаптических связей.

Число нейронов скрытого слоя N может быть определено из формулы

$$N = \frac{N_w}{N_x + N_y}. \quad (2)$$

Используя представленные формулы, получено, что число синаптических связей нейронной сети находится на отрезке [5; 7; 56]. Тогда число нейронов в скрытом слое, рассчитанное по формуле (2), принадлежит интервалу [1; 5].

На практике число нейронов в скрытых слоях выбирают в пределах от $N_x/2$ до $3*N_x$ и, как правило, их число определяется ошибкой, получаемой на этапе обучения сети. В нашем

случае число нейронов в скрытом слое начнем изменять от двух в сторону увеличения.

При разработке ИНС с использованием программного продукта R Studio возможно использование библиотеки `neuralnet` и `nnet`. Программа R Studio выполняет следующие функции:

- считывает подготовленные исходные данные;

- формирует структуру, которую можно подавать на ИНС при ее обучении и тестировании;

- нормирует входные и выходные данные для этапа обучения;

- нормирует входные данные при тестировании и пересчитывает выходные данные в реальный диапазон.

В процессе работы R Studio выводится графическое изображение ИНС с весовыми коэффициентами (рис. 1). На вход нейронной сети подаются значения входных факторов v_2-v_{11} , на выходе – v_1 (табл. 2).

Таблица 2

Соответствие переменных модели структуре выборки

Переменная модели	Переменные выборки	
V1	Brand Value (USD B)	Стоимость бренда (USD B)
V2	Brand Revenue (USD B)	Доход за счет бренда (USD B)
V3	Company Advertising (USD B)	Рекламные компании (USD B)
V4	Period (yr)	«Возраст бренда» (лет)
V5	Employees	Численность работающих в компании
V6	Market Cap (USD B)	Рыночная капитализация (USD B)
V7	Revenue (USD B)	Доход (USD B)
V8	Assets (USD B)	Активы компании (USD B)
V9	Profits (USD B)	Прибыль (USD B)
V10	Code Industry	Сфера деятельности компании

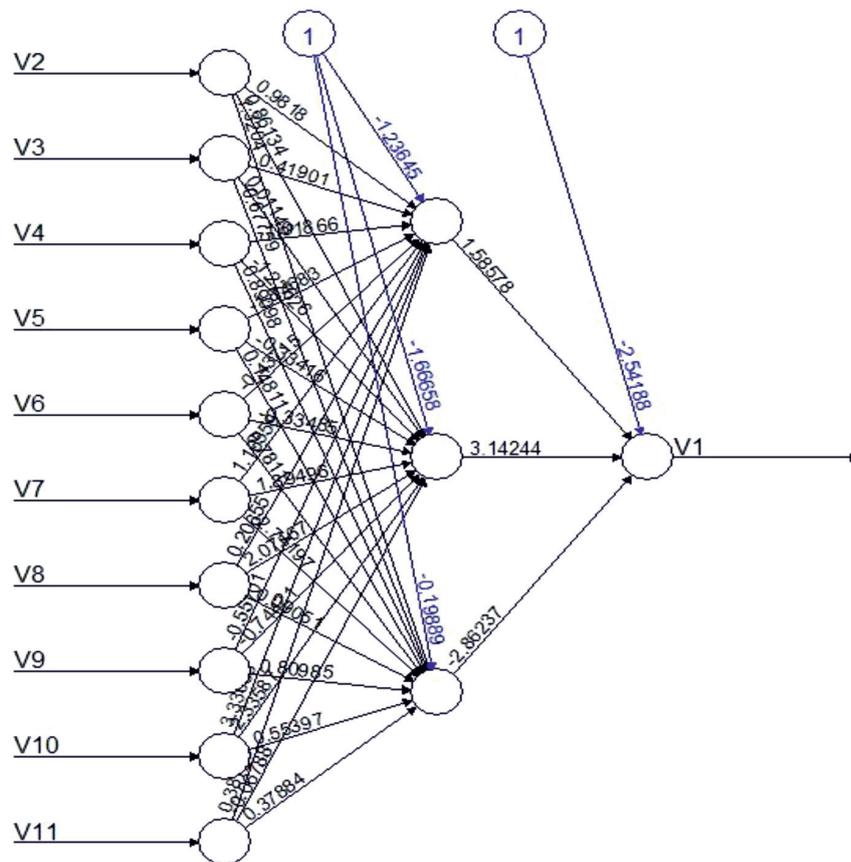


Рис. 1. Искусственная нейронная сеть с тремя нейронами в скрытом слое

Для подбора параметров ИНС, дающих наименьшую погрешность, возможно изменение числа нейронов в скрытом слое с последующей оценкой погрешности, получаемой на тестирующей выборке.

В качестве оценки меры погрешности представляется целесообразным использование следующей формулы:

$$\delta = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i^t - y_i^p)^2}, \quad (3)$$

где δ – погрешность оценки;
 n – объем тестирующей выборки
 y_i^t – стоимость бренда из тестирующей выборки;

y_i^p – стоимость бренда, полученная ИНС на тестирующем наборе.

Исходные данные должны быть пересортированы таким образом, чтобы «дорогие» и «дешевые» бренды были распределены по выборке «равномерно». В противном случае возможно получение недостоверных результатов. Полученная зависимость значения ошибки модели от числа нейронов в скрытом слое приведена на рис. 2.

Как видно из графика, наименьшее значение ошибки достигается при числе нейронов в скрытом слое равном 8.

Используя модель на основе ИНС, осуществим ее исследование, в частности рассмотрим влияние входных факторов на стоимость бренда компании. С этой целью осуществляется поочередное исключение входных факторов и последующая оценка погрешности модели. Результаты исследования представлены на рис. 3.

Как видно из представленного графика, наиболее значимыми факторами являются:

- market cap (рыночная капитализация);
- period (время работы компании на рынке);

– assets (стоимость активов компании).

Весьма значимым фактором является также отрасль, в которой работает владелец бренда – code industry.

Выводы по результатам исследования:

- на основе искусственной нейронной сети разработана модель, позволяющая оценивать стоимость бренда компании;
- исследовано влияние входных факторов на стоимость бренда;
- осуществлена оценка точности модели стоимости бренда в зависимости от входных факторов.

Полученные результаты осуществленного исследования могут быть использованы для оценки стоимости бренда на основе искусственных нейронных сетей. В качестве дальнейших направлений исследований предполагается:

- разработка и изучение возможностей моделей прогнозирования стоимости бренда на основе ИНС с двумя скрытыми слоями и сетей Кохонена;
- разработка модели для оценки стоимости брендов мультибрендовых компаний.

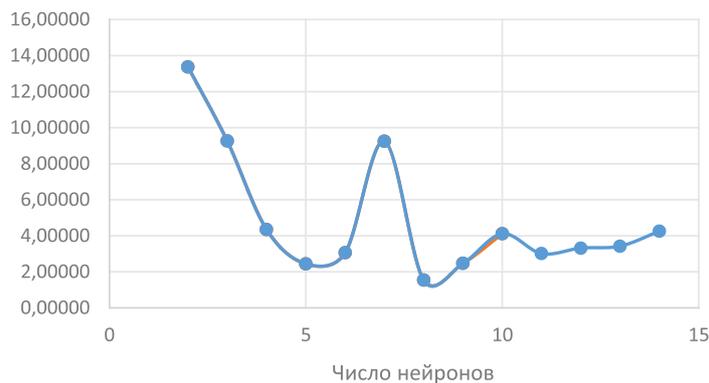


Рис. 2. Зависимость ошибки от числа нейронов в скрытом слое

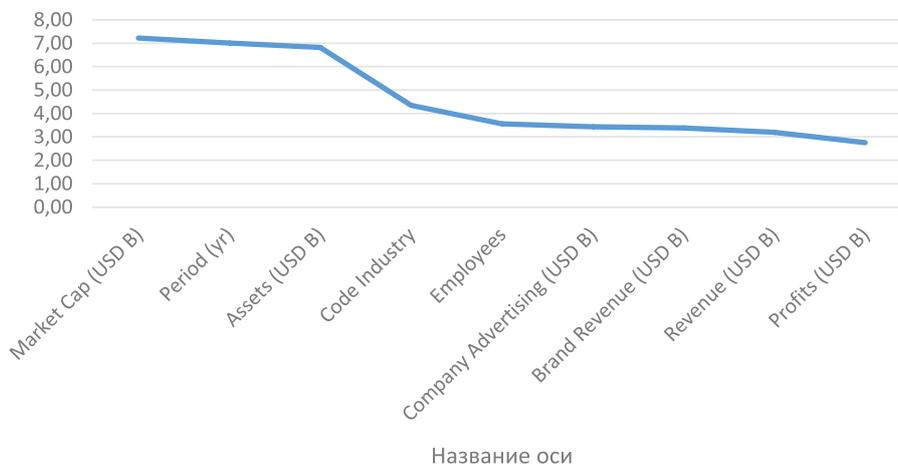


Рис. 3. Оценка погрешности модели

Список литературы

1. Комаров П.И., Слободич А.Н., Лобанова В.В. Применение метода создания и управления брендом // Маркетинг и логистика. 2016. № 6 (8). С. 47–59.
2. Юрлов А. Оценка бренда. URL: <http://www.estimatica.info/assessment/intellectual-property/25-otsenka-brenda> (дата обращения: 08.10.2018).
3. Гусарова О.М. Информационно-аналитические технологии прогнозирования деятельности организаций // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–3. С. 492–495.
4. Блог для трейдеров и инвесторов [Электронный ресурс]. URL: <https://sharkfx.ru/top-10-samyx-drogix-brendov-mira-v-tekuschem-godus> (дата обращения: 20.10.2018).
5. Apple Tops List Of The World's Most Powerful Brands [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.com/powerful-brands/list/#tab:rank> (дата обращения: 25.10.2018).
6. Мисник А.Е., Борисов В.В. Композиционное нейросетевое моделирование сложных технических систем // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 7. С. 39–46.
7. Ясницкий Л.Н. Нейронные сети – инструмент для получения новых знаний: успехи, проблемы, перспективы // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2015. № 5. С. 48–56.
8. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. М.: Лаборатория знаний, 2016. 221 с.
9. Борисов В.В., Федулов Я.А., Федулов А.С. Модель оценки качества финансового менеджмента в бюджетных отраслях экономики // Энергетика, информатика, инновации – 2015: сборник трудов V Международной научно-технической конференции: в 2 т. / Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Московский энергетический институт), филиал в г. Смоленске. 2015. С. 88–95.

УДК 519.685:336.76:004.9

ОПТИМИЗАЦИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ СОВЕТНИКА В КЛИЕНТСКОМ ТЕРМИНАЛЕ METATRADER 5

Кондратьева Т.Н., Трипута И.Г., Прудников С.Е.

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

Предметом исследования выступают параметры автоматической торговой системы в клиентском терминале MetaTrader 5. Для тестирования были взяты котировки валютной пары USD/EUR в промежутке с 20.09.2018 по 20.10.2018 при таймфреймах в 1M, 5M, 15M, 30M, 1H. Для таймфреймов 1D и 1W советник тестировался на более длительном промежутке времени – с 07.04.2018 по 07.10.2018. Тестирование проводилось несколько десятков раз на каждом временном интервале с целью нахождения наиболее оптимальных параметров на участке графика в период тестирования. Также представлен анализ зависимости количества сделок от дней недели, месяцев и времени суток. Прогнозирование по «вчерашнему» поведению участников рынка в сочетании с автоматической торговой системой позволяет трейдеру минимизировать риски при торговле на фондовом рынке. Цель статьи заключается в тестировании и оптимизации ключевых параметров индикаторов автоматической торговой системы на мультирыночной платформе Metatrader 5, написанной на специализированном языке объектно-ориентированного программирования высокого уровня MetaQuotes Language. Для достижения поставленной цели были рассмотрены особенности взаимодействия индикаторов Stochastic Oscillator и Bollinger Bands, были разработаны правила, при которых сигналы на открытие сделки от одного индикатора подтверждаются или, наоборот, опровергаются другим. Результаты, полученные в процессе тестирования торгового советника в режиме онлайн, позволяют сделать выводы о возможности применения автоматической торговой системы для торговли на финансовых рынках. В ходе исследования были найдены оптимальные параметры для различных временных интервалов, а также соответствующий им размер прибыли (в USD).

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

OPTIMIZATION AND TESTING OF AN ADVISOR IN THE CLIENT TERMINAL METATRADER 5

Kondrateva T.N., Triputa I.G., Prudnikov S.E.

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

The subject of the research is the parameters of the automatic trading system in the client terminal MetaTrader 5. The USD / EUR currency pair quotes were taken for testing in the period from 09/20/2018 to 10/20/2018 with timeframes in 1M, 5M, 15M, 30M, 1H. For 1D and 1W timeframes, the adviser was tested for a longer period of time – from 07/04/2018 to 07.10.2018. Testing took place dozens of times at each time interval in order to find the most optimal parameters on a part of the graph during the testing period. Also presented is an analysis of the dependence of the number of transactions on the days of the week, months and time of day. Forecasting on the «yesterday's» behavior of market participants in combination with an automated trading system allows the trader to minimize risks when trading on the stock market. The goal of the article is to test and optimize the key parameters of the indicators of the automatic trading system on the multi-market platform Metatrader 5, written in the specialized high-level object-oriented programming language MetaQuotes Language. To achieve this goal, features of interaction between the Stochastic Oscillator and Bollinger Bands indicators were considered, rules were developed whereby signals to open a trade from one indicator are confirmed or, on the contrary, refuted by others. The results obtained in the process of testing a trading advisor online allow us to draw conclusions about the possibility of using an automated trading system for trading in financial markets. The study found the optimal parameters for different time intervals, as well as the corresponding amount of profit (in USD).

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

Проблема анализа фондового рынка является одной из наиболее приоритетных для большинства исследователей и его участников. При этом сегодня выделяются четыре основных метода (рис. 1).

Технический анализ – это анализ изменения рыночных цен по графикам, с целью прогнозирования вероятного направления движения цены в будущем. В его основе три источника информации: цена, объем и время. Он отличается от фундаментального анализа тем, что не рассматривает причины изменения цены. В настоящее время

распространена практика использования фундаментального анализа для выбора объектов инвестирования, а технического – для выбора времени для проведения торговых операций с этими объектами [1].

При использовании инструментов технического анализа трейдер руководствуется графическим изображением, при этом он может быть абсолютно не знаком с деятельностью компании, ценными бумагами которой он торгует. Также существует ряд инструментов, облегчающих процесс торговли, в основе которых заложены посту-

латы теханализа [2, 3]. Чтобы полностью автоматизировать процесс совершения сделок и управления портфелем, полностью исключить эмоции из процесса торговли и, как следствие, минимизировать риски потери средств, следует переложить рутинную работу на автоматические торговые системы – советники [4, 5].

Цель исследования: создание и тестирование в режиме реального времени на исторических данных для валютной пары EUR/USD автоматической торговой системы (АТС) на платформе MetaTrader 5, руководствуясь методами технического анализа.

Материалы и методы исследования

Выделяют ряд основных подходов к созданию торгового советника (рис. 2), каждый из которых требует от трейдера определенных знаний и умений.

Например, создание «черного ящика» требует понимания работы нейронной сети и навыков работы со специализированным программным обеспечением. Программирование АТС произведено в специальном разделе торгового терминала MetaTrader5 – MetaEditor, с использованием преимуществ 1, 2 и 4 подходов [6, 7].

Торговый робот работает на основе двух индикаторов – Stochastic Oscillator и Bollinger Bands. Bollinger Bands (полосы Боллинджера) – это основной индикатор, представляющий из себя две линии, ограничивающие динамику цены сверху и снизу.

Цена, достигая одной из этих линий, подаёт сигнал на открытие сделки. Если цена подходит к верхней линии, то подаётся сигнал на продажу, если к нижней, то на покупку (рис. 3).

Индикатор Bollinger Bands подаёт сигналы на открытие сделки, которые подтверждаются или, наоборот опровергаются индикатором Stochastic Oscillator [8, 9].

Осциллятор стохастик состоит из двух линий: SO_H – быстрой, (%K), и SO_L – медленной (%D). Осциллятор стохастик показывает положение каждой цены закрытия в предыдущем интервале максимальных и минимальных цен. Если при сигнале на покупку линия %K находилась ниже уровня 20, а затем поднялась выше, то такой сигнал можно считать подтверждённым, иначе – нет. При сигнале на продажу для подтверждения сигнала линия %K должна находиться выше уровня 80, затем опуститься ниже (рис. 4).

Советник тестировался в течение месяца на графике USD/EUR в промежутке с 20.09.2018 по 20.10.2018 при таймфреймах в 1M, 5M, 15M, 30M, 1H. Для таймфреймов 1D и 1W советник тестировался на более длительном промежутке времени – 6 месяцев, с 07.04.2018 по 07.10.2018. Тестирование проходило несколько десятков раз на каждом таймфрейме с целью нахождения наиболее оптимальных параметров на участке графика в период тестирования.

В качестве изменяемых параметров были взяты: InpLots (размер лота, количество акций/валюты купленных или проданных за одно действие/одну сделку); InpSL (коэффициент при вычислении StopLoss, определяет линию StopLoss); InpTakeProfit, InpDeviations.

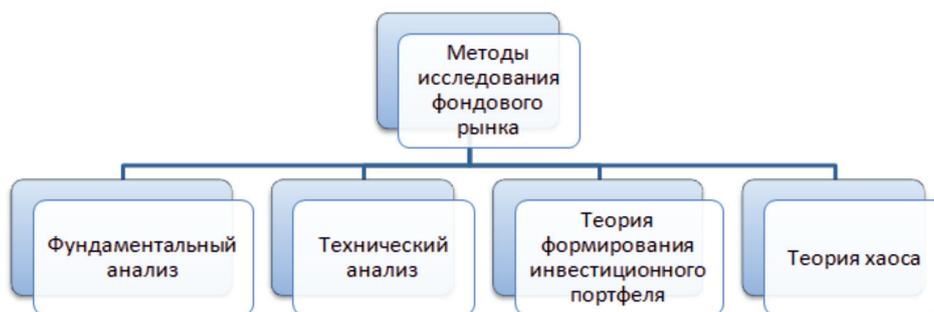


Рис. 1. Методы анализа фондового рынка (разработано авторами)

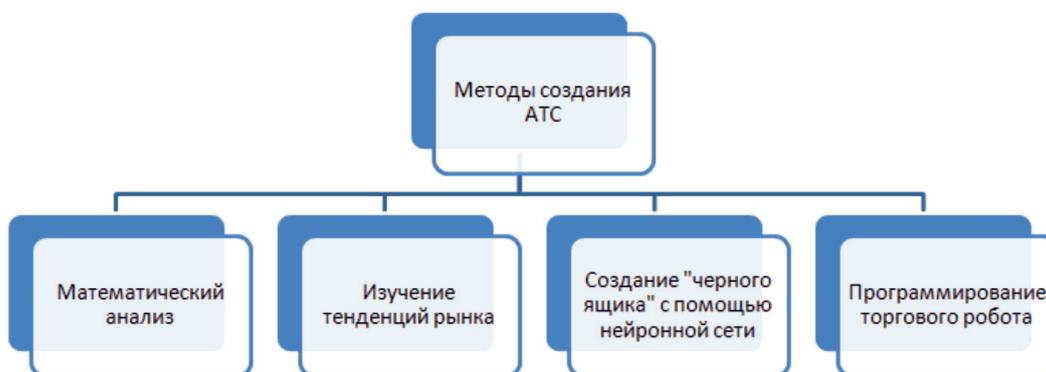


Рис. 2. Основные подходы к созданию торгового советника (разработано авторами)

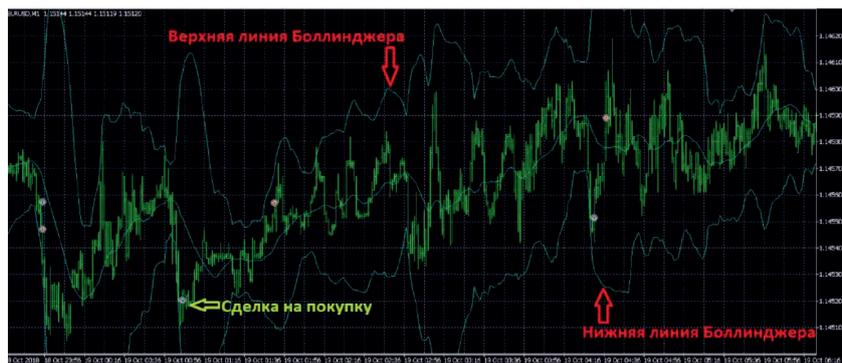


Рис. 3. Полосы Боллинджера (разработано авторами)

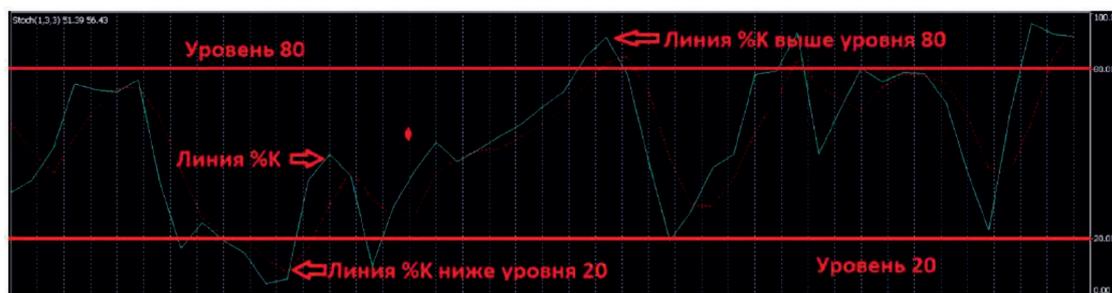


Рис. 4. Подтверждения сигнала (разработано авторами)

Пересекая линию StopLoss, сделка закрывается с убытком, зависящим от разницы между текущей ценой (на момент открытия сделки) и линией StopLoss при продаже и разницы между линией StopLoss и ценой открытия сделки при покупке. Чем меньше значение этого параметра, тем быстрее закроется сделка, при движении цен в убыток сделке соответственно чем больше значение, тем медленнее. Небольшой коэффициент StopLoss ведёт к быстрому завершению сделки в случае, если цена пошла против наших ожиданий, что, с одной стороны, может уменьшить убыток от не прибыльной сделки, что в результате увеличит нашу прибыль. Но с другой, линия StopLoss «недалеко» от текущей цены не даёт шанса рынку изменить тренд. Дойдя до линии StopLoss цена может пойти в обратную сторону – нужную нам (к линии TakeProfit) и потенциально принести прибыль.

На графике (рис. 5) видно, что если поднять линию TakeProfit сделки № 1 выше, цена не достала бы до этой линии и изменила бы направление, что привело бы к закрытию сделки по линии Stoploss, то есть с убытком. Сделка № 2 закрылась по линии StopLoss. Опустив эту линию ниже, убытки были бы больше, ведь цена не изменила своего направления. Цель тестирования – найти такой параметр InpSL, при котором неприбыльные сделки закрывались максимально быстро, но при этом не закрывались потенциально прибыльные сделки.

InpTakeProfit – коэффициент при вычислении TakeProfit, определяет линию TakeProfit. Пересекая линию TakeProfit, сделка закрывается с прибылью. Чем больше этот коэффициент, тем дальше от цены открытия будет находиться линия TakeProfit. Разница между ценой открытия сделки и линией TakeProfit

при продаже и разница между линией TakeProfit и ценой открытия определяют нашу прибыль. Чем больше разница, тем прибыльной сделка. Установив слишком близко к цене открытия линию TakeProfit, мы увеличиваем число прибыльных сделок, но уменьшаем прибыль от каждой из них, соответственно, увеличивая расстояние от цены открытия до линии TakeProfit, мы уменьшаем количество сделок, но повышаем прибыль с каждой из них. При слишком высоком уровне TakeProfit цена может не дойти до него, изменив направление своего движения к уровню StopLoss.

На графике (рис. 6) наглядно видно, что из себя представляют линии TakeProfit. Первая линия с параметром InpTakeProfit = 71. Вторая линия с параметром InpTakeProfit = 105. Цель тестирования – найти такой параметр InpSL, при котором AV*C было максимальным, где AV – средняя прибыль сделок, C – количество сделок.

InpDeviations – параметр, регулирующий расстояние между полосами Боллинджера. Чем больше расстояние между ними, тем сложнее цене будет пробить эти полосы, соответственно, тем меньше сигналов на открытие сделки будет поступать. Но при этом сигналы на открытие будут более достоверными. Меньшее расстояние между ними увеличивает число сигналов на открытие позиции, но такие сигналы можно считать менее достоверными. Увеличивая расстояние между полосами Боллинджера, уменьшается число как прибыльных, так и убыточных сделок.

На рис. 7 представлены графики с параметром InpDeviations = 2.60 (небольшое расстояние между линиями Боллинджера) и с параметром InpDeviations = 5.60 (достаточно большое расстояние от линии цен до полос Боллинджера).



Рис. 5. График сделок (разработано авторами)



Рис. 6. Линия TakeProfit (разработано авторами)



$InpDeviations = 2.60$

$InpDeviations = 5.60$

Рис. 7. График с параметром $InpDeviations$ (разработано авторами)



Рис. 8. Расположение линий StopLoss, TakeProfit, полос Боллинджера

Цель исследования – найти наиболее оптимальный параметр *InpDeviations*, при котором отсеивалось бы большое количество убыточных сделок, сохранив при этом большое количество прибыльных сделок.

Расположение линий *StopLoss*, *TakeProfit*, Полос Боллинджера на графике отражено на рис. 8 (разработано авторами).

Результаты исследования и их обсуждения

В ходе исследования были найдены оптимальные параметры для различных временных интервалов, а также соответствующий им размер прибыли (USD). Результаты представлены в таблице.

Исследования показали, что наиболее эффективная торговля происходит на тайм-фрейме = 1M, так как советник обрабатывает не цену открытия или закрытия бара,

а каждый тик (движение графика с интервалом = 1 секунда).

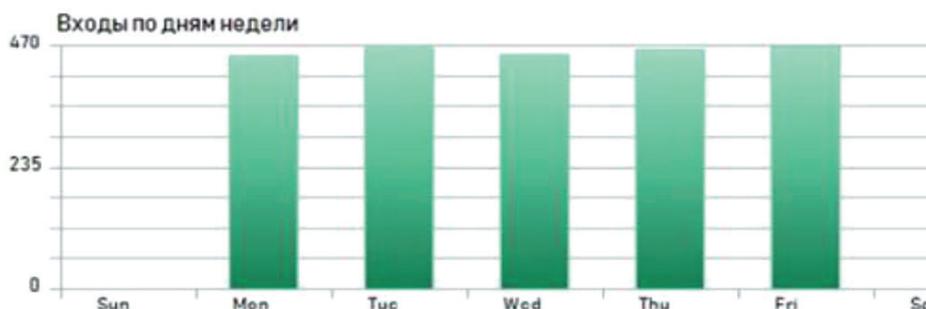
Для анализа зависимости количества сделок от дней недели, месяцев и времени суток исследование проводилось на графике в течение 12 месяцев с 07.10.2017 по 07.10.2018 на графике EURUSD на тайм-фрейме 1M. На рис. 9 (разработано авторами) представлена диаграмма зависимости количества сделок от дней недели.

По диаграмме видно, что зависимости количества сделок от дней недели нет. Так же как и прибыльных и убыточных сделок от дня недели.

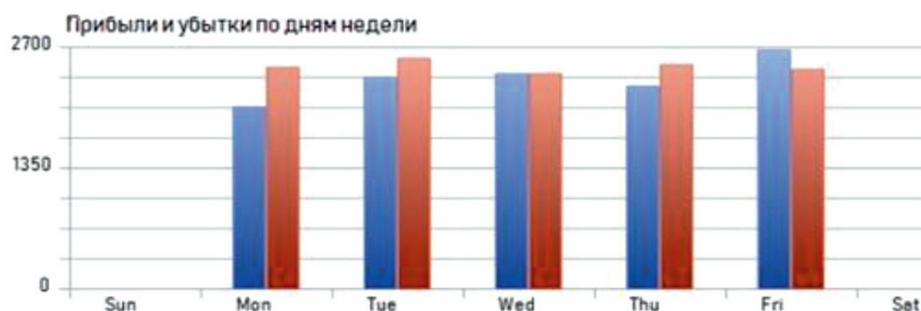
На диаграмме месяцев, так же как и на диаграмме дней недели, четкой зависимости нет (рис. 11). Самый прибыльный месяц – февраль, самый убыточный месяц – апрель.

Оптимальные параметры работы системы

	1M	5M	15M	30M	1H	1D	1W
<i>InpLots</i>	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>InpSL</i>	39	17	17	16	9	22	22
<i>InpTakeProfit</i>	80	72	127	143	172	88	122
<i>InpDeviations</i>	5,10	4,60	6,30	13,65	4,65	2,65	2,22
Прибыль	130	14	-10	24	18	-80	-30

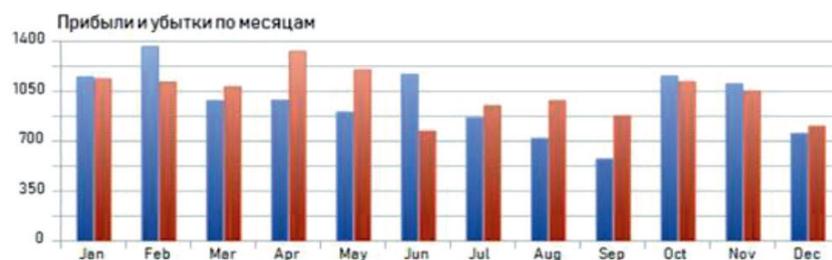


Входы по дням недели

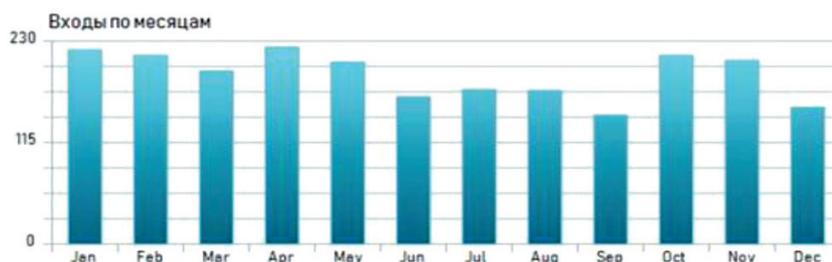


Прибыли и убытки по дням недели

Рис. 9. Диаграмма зависимости количества сделок от дней недели

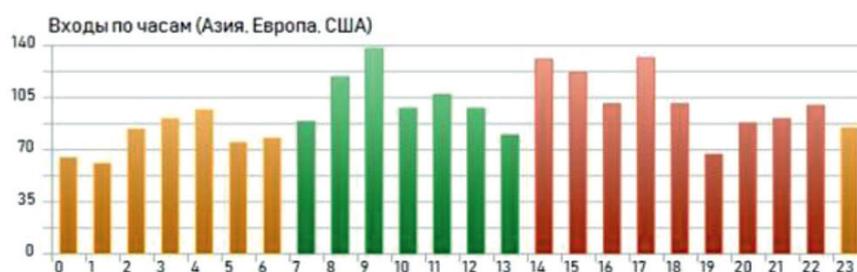


Прибыли и убытки по месяцам

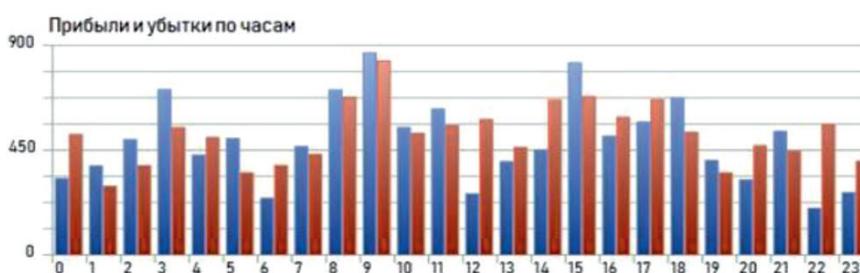


Входы по месяцам

Рис. 10. Диаграмма по месяцам (разработано авторами)



Входы по часам (Азия, Европа, США)



Прибыли и убытки по часам

Рис. 11. Диаграмма частоты сделок в течение дня (разработано авторами)

На диаграмме частоты сделок в течение дня (рис. 11) дело обстоит совершенно иначе.

Явно выражены пики активности с 9–10 часов утра и 15–16, а также время спокойствия: 1–2 и 19–20.

Выводы

Было установлено, что учет свойств повторения ситуаций на рынке, возможность прогнозирования по «вчерашнему» поведению участников рынка в сочетании с авто-

матической торговой системой позволяет трейдеру минимизировать риски при торговле на фондовом рынке.

Стоит отметить, что были получены достоверные значения параметров АТС при тестировании советника в режиме онлайн, что позволит вести прибыльную торговлю для любых временных периодов. Но столь значительное упрощение работы не освобождает трейдера от разработки торговой стратегии, являющейся основой программирования советника.

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

Список литературы

1. Ведихин А.В., Петров Г.А., Шилев Б.Н. Форекс от первого лица. Валютные рынки для начинающих и профессионалов. М.: Омега-Л, 2005. 428 с.
2. Окотов П.В. Анализ механизма функционирования мирового валютного рынка FOREX. М.: Лаборатория Книги, 2010. 117 с.
3. Соколов А.Н. Рынок Forex. Руководство пользователя. М.: SmartBook, 2016. 529 с.
4. 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.
5. 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.
6. Кондратьева Т.Н., Развеева И.Ф., Лесовая А.А. Прогнозирование динамики цен фондового рынка // Патент РФ № 201866578. Патентообладатель ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ) (RU). 2018. Бюл. № 9.
7. Кондратьева Т.Н., Развеева И.Ф. Автоматическая торговая система в клиентском терминале MetaTrader 5 // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 10. С. 56–60.
8. Кондратьева Т.Н. Принцип работы трендовых индикаторов // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 3. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/63trgsu313.pdf> (дата обращения: 22.09.2018).
9. 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.

УДК 004.021

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВОДИТЕЛЕЙ

¹Кривобок В.А., ²Макунева А.А.

¹ООО «ПАТиМ», Салават, e-mail: vitalyaleksandrovich102@gmail.com;

²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, e-mail: adelina053@gmail.com

В данной работе предметом исследования является разработка и практическое использование программного модуля поддержки принятия решений при распределении заявок на автотранспорт среди водителей. Объектом исследования является задача равномерного распределения занятости работников автотранспортного предприятия (ООО «Предприятие автомобильного транспорта и механизмов»). В статье рассмотрен бизнес-процесс «Перевозка», в рамках которого выявляются ключевые точки, влияющие на экономическую эффективность. При рассмотрении процесса выделено 2 вида процессов. Подготовительные, которые осуществляются службами эксплуатации, принимающие заявки, составляющие оперативные планы перевозок с формированием первичной документации, а также проверяющие состав до выезда. Основные, которые осуществляются экспедиторскими службами, выполняющие разгрузку и погрузку товаров, их перевозку. Особое внимание уделяется построению процесса «Формирование путевых листов», в ходе которого происходит распределение затрачиваемых ресурсов предприятия. Представляется метод, основанный на модели нечеткого логического вывода. Описанный метод позволяет осуществить рациональное распределение ненормированных заданий на основе загруженности исполнителей, сотрудникам с нормированным графиком работ. Предложено использование программного модуля. Приведены результаты экспериментов по оценке адекватности разработанной модели, а также результаты ее практического использования.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, система электронного документооборота, экспертная система, распределение заданий, модель нечеткого логического вывода, автотранспортное предприятие, интеллектуальная система

USING MODEL OF FUZZY INFERENCE WHEN THE DISTRIBUTION OF DRIVERS

¹Krivobokov V.A., ²Makuneva A.A.

¹ООО «PATiM», Salavat, e-mail: vitalyaleksandrovich102@gmail.com;

²Federal State-Financed Educational Institution of Higher Education Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: adelina053@gmail.com

In this paper, the subject of the study is the development and practical use of a software module to support decision-making in the distribution of applications for vehicles among drivers. The object of the study is the problem of uniform distribution of employment of employees of the motor transport enterprise (LLC «Enterprise of motor transport and mechanisms»). The article deals with the business process «Transportation», which identifies the key points that affect economic efficiency. During the examination process there are 2 kinds of processes. Preparatory, which are carried out by the operation services, accepting applications, making operational transportation plans with the formation of primary documentation, as well as checking the composition before departure. The main, which are carried out by forwarding services, performing unloading and loading of goods, their transportation. Particular attention is paid to the construction of the process Of «formation of waybills», during which there is a distribution of resources spent by the enterprise. A method based on the fuzzy inference model is presented. The described method allows for the rational distribution of irregular tasks based on the workload of performers, employees with a standardized schedule. It is proposed to use the software module. The results of experiments to assess the adequacy of the developed model, as well as the results of its practical use.

Keywords: decision support system, electronic document management system, expert system, task distribution, fuzzy inference model, autotransport enterprise, intelligent system

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности наблюдается тенденция перехода от работы с бумажными документами к электронному документообороту, под которым понимается движение электронных документов в организации и деятельность по обеспечению этого движения [1]. На автотранспортном предприятии это позволяет повысить оперативность выхода на рейс водителей, а также помогает осуществлять оперативный контроль ведения процесса. Это требует разработки новых технологий ведения бизнеса, повышения качества конечных результа-

тов деятельности предприятия [2, 3] и внедрения новых, более эффективных систем управления.

Для анализа деятельности автотранспортного предприятия ООО «Предприятие автомобильного транспорта и механизмов» (ООО «ПАТиМ») рассмотрим основной бизнес-процесс «Перевозка» (рисунок).

Как видно из диаграммы IDEF0 и её декомпозиции, процесс состоит из пяти этапов. Первые три этапа являются подготовительными, в ходе которых происходит распределение ресурсов для выезда на рейс, создается первичный документ учета перевозки

«Путевой лист», происходит подтверждение удовлетворительного состояния водителя и автотранспорта для отправки их в рейс. Два оставшихся процесса осуществляют непосредственное участие в транспортировке.

Значительную роль в сокращении затрат играет то, что перевозка осуществляется по тщательно продуманному плану в ходе процесса формирования путевого листа, составленному на предварительном этапе службами эксплуатации. Это поможет устранить проблемы, приводящие:

- к времени простоя продукции организации;
- снижению эффективности распределения парка автотранспорта;
- снижению доли равномерной занятости водителей.

Данный процесс включает в себя регистрацию заявки, рассмотрение, распределение автотранспорта по рейсам, прикрепление водителей к автотранспорту. Эти этапы сопровождаются занесением информации в первичный документ учета (путевой лист). На всех этапах происходит проверка корректности путевого листа.

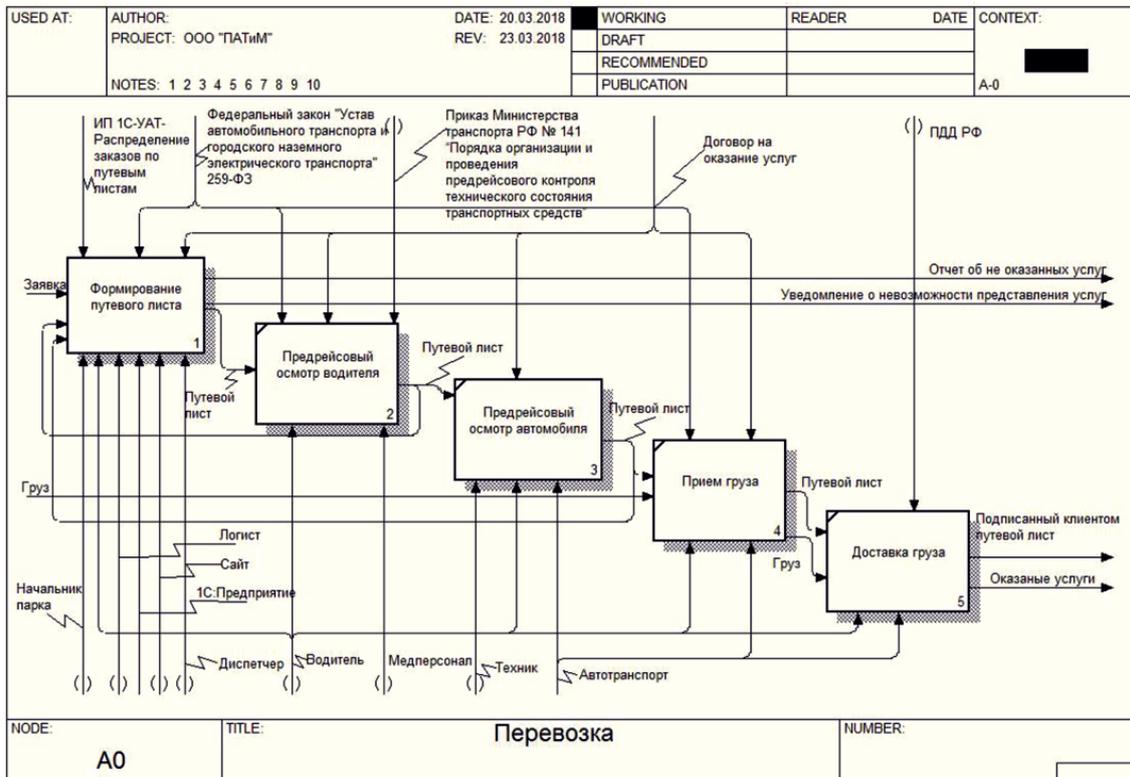
Особенность ведения бизнес-процесса «Перевозка» заключается в необходимости распределения водителей с нормированным

графиком работы заданиям с разным временем выполнения и оперативного заполнения графика заданий (до начала выполнения заявки), что является одной из проблем выбора сотрудников.

При этом у начальника парка, ответственного за ведение распределения водителей, возникает проблема оптимального распределения заданий водителями. На эту проблему влияют следующие факторы:

- неопределенность в количестве ежедневно поступающих заявлений;
- сложность обработки большого количества штата сотрудников по разным критериям распределения (категории водительских прав, графику работы, рейсы с двумя и более водителями);
- изменение графика заданий;
- необходимость выполнения срочных заявок (оперативный выезд специального транспорта).

Таким образом, целью исследования является повышение эффективности при использовании рабочих ресурсов предприятия; необходимо разработать программный модуль, позволяющий выбрать водителя с наиболее соответствующим графиком работы и наименьшим количеством сверхурочных часов.



Бизнес-процесс «Перевозка»

Предлагаемый модуль позволяет устранить несовершенство организации процессов поставки груза и управления ресурсами, следствием которых является невыполнение доставки «точно в срок», что может привести к сбою производства. С помощью данного модуля можно четко отслеживать такие показатели, как:

- среднее время с момента получения задания до выполнения работы;
- количество заданий, выполненных в срок;
- доля простоя транспортного средства;
- процент занятости рабочих [4].

Материалы и методы исследования

Приведем формальную постановку задачи распределения водителей. Дано множество заданий $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ в количестве m , каждое задание характеризуется сложностью и приоритетом выполнения. Приоритет заявок приводится в договорах на долгосрочное оказание услуг, в котором описывается очередность рассмотрения заявок:

- «низкий» (P_1) – заявки с составлением договора в день выполнения;
- «средний» (P_2) – заявки по договорам;
- «высокий» (P_3) – срочные заявки по долгосрочным договорам.

На предприятии в результате долгой практики сформировалось разделение заданий на 3 уровня сложности, исходя из оказываемого вида услуги и характера поездки:

- «низкий» (S_1) – легковые пассажирские перевозки, перевозка малогабаритного груза;
- «средний» (S_2) – междугородние грузовые перевозки, городские перевозки спецавтотранспортом;
- «высокий» (S_3) – междугородние пассажирские перевозки, междугородние перевозки спецтранспортом.

При учете распределения начальник парка должен выполнять классификацию выбора сотрудника, исходя из количества сверхурочных часов и часов простоя:

- «не подходит» – когда у водителя возникало более 4 сверхурочных часов в результате подбора за 2 последних дня или более 120 часов за год [5].

$$x_{ij} = \begin{cases} \text{if } \wedge(k_{11} \text{ is } \tilde{A}_{11}, \dots, k_{12} \text{ is } \tilde{A}_{12}, k_{1n} \text{ is } \tilde{A}_{1n} \rightarrow y = B_1 \text{ and} \\ \text{if } \wedge(k_{21} \text{ is } \tilde{A}_{21}, \dots, k_{22} \text{ is } \tilde{A}_{22}, k_{2n} \text{ is } \tilde{A}_{2n} \rightarrow y = B_2 \text{ and} \\ \text{if } \wedge(k_{j1} \text{ is } \tilde{A}_{j1}, \dots, k_{j2} \text{ is } \tilde{A}_{j2}, k_{jn} \text{ is } \tilde{A}_{jn} \rightarrow y = B_j \end{cases} \quad (2)$$

Для поиска решения в сформированной системе правил вида (2) использовался минимаксный подход, при котором решением системы является нахождение минимума при конъюнкции или максимума при дизъюнкции (3).

$$x_{ij} = \min(B_1, B_2, \dots, B_j). \quad (3)$$

В результате выполнения нечетких логических правил получим табл. 2 соответствия водителя каждому заданию.

Dmax_i водитель с наибольшим значением x_{ij} для текущего задания.

– «условно подходит» – когда возникают сверхурочные часы или часы простоя;

– «подходит» – когда при выборе водителя задание полностью соответствует графику.

Также имеется множество водителей $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, количество которых может изменяться в течение дня (выход на срочный рейс). При подборе водителей лицо, ответственное за распределение, учитывает следующие критерии:

- C1 – текущее распределение заданий водителя.
- C2 – уровень квалификации водителя;
- C3 – категория прав водителя;
- C4 – количество сверхурочных за прошлый период.

Требуется решить задачу оптимального распределения задач водителям, при которой будут соблюдаться ряд факторов, например, соответствие категории прав водителя выданной заявки, подбор соответствующего водителя по сложности задания.

При которой ряд параметров приводит к явным условиям, а другие к неявным.

Для решения данного типа оптимизационных задач существует большое количество подходов [6]. В данной работе приводится пример использования модели нечеткого логического вывода.

Рассмотрим решение поставленной задачи на основе построения и использования модели нечеткого логического вывода [7]. В качестве модели представления знаний эксперта используем следующий вид нечетких логических правил:

$$\begin{aligned} &\langle \text{ЕСЛИ } x_1 \sim \tilde{A}_1 \text{ И } x_2 \sim \tilde{A}_2 \text{ И } \dots \text{ И } x_n \sim \tilde{A}_n \\ &= \text{ТО } y = B \rangle \text{ [CF]}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $x_i, i = 1, n$ – входные переменные, $\tilde{A}_i \sim$ – нечеткие градации входных переменных, y – выходная переменная, B – четкое значение выхода, $\text{CF} \in [0, 1]$ – достоверность правила.

В качестве входных параметров модели будем использовать следующие:

- k1 – уровень квалификации водителя;
- k2 – текущая загруженность водителя;
- k3 – количество сверхурочных за прошлый период;
- k4 – сложность задания.
- k5 – приоритет выполнения заявки.

Для составления значимости (веса) входных параметров производился опрос лиц, ответственных за распределение. Эти данные использовались для решения системы правил x_{ij} соответствия водителя заданию.

На последнем этапе происходит рассмотрение множества заданий Z , при котором на задания с наивысшим приоритетом наиболее подходящие водители выбираются в первую очередь. А далее происходит выбор из оставшихся водителей с наибольшим соответствием заданию.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе рассмотренного метода был разработан программный модуль в системе электронного документооборота предприятия.

Таблица 1

Характеристики эталонных схем распределения заданий

№ п/п	Водитель	Задание			
		Q_1	Q_1	...	D_j
1	D_1	x_{11}	x_{11}	...	x_{1j}
2	D_2	x_{11}	x_{11}	...	x_{2j}
...
i	D_i	x_{i1}	x_{i1}	...	x_{ij}
Исполнитель задания		$D_{max_{Q_1}}$	$D_{max_{Q_2}}$...	$D_{max_{Q_i}}$

Таблица 2

Результат использования программного модуля в тестовой базе

№ п/п	Режимы работы	До модернизации, часов/месяц	После модернизации, часов/месяц	Разница до и после, часов/месяц
1	Среднее количество сверхурочных часов	785	530	255
2	Среднее количество часов простоя	300	45	255

Таблица 3

Результат фотографии рабочего дня начальника парка при распределении водителей

№ п/п	Основные этапы распределения	Среднее время решения задачи, мин	
		до модернизации	после модернизации
	Задания с высоким приоритетом	60	15
	Задания с средним приоритетом	150	40
	Задания с низким приоритетом	90	30
Итого:		300	85

Для оценки эффективности разработанной модели производилось повторное перераспределение 500 водителей в тестовой базе с данными за период с марта по май 2018 г. В табл. 2 приведены данные решения этой задачи до и после модернизации.

В результате экспериментальной оценки работы программного модуля было получено, что при использовании возможно было сократить сверхурочные часы на 32% за счет часов простоя. И сократить часы простоя рабочих на 85%. Сокращение сверхурочных часов происходило за счет часов простоя.

Кроме того, в результате проверки эффективности разработанного программного модуля производилась фотография рабочего дня трех начальников парка при распределении водителей по заданиям с разным приоритетом. В табл. 3 приведены данные решения этой задачи до и после модернизации.

В результате проведения фотографии рабочего дня трех лиц, ответственных за распределение, можно сделать вывод, что использование программного модуля позволяет уменьшить среднее время принятия решений 73%.

Заключение

На основе анализа предметной области сформулирована задача автоматизации распределения водителей с учетом графиков сверхурочных часов и графика работ водителей. Для решения разработано математическое и программное обеспечение, основанное на модели нечеткого логического вывода, а также программный модуль, предназначенный для поддержки принятия решения при распределении водителей. В результате экспериментальной оценки работы программного обеспечения ответственными лицами была подтверждена эффективность использования модуля для решения задачи сокращения сверхурочных часов, приходящихся на неравномерное распределение занятости водителей.

Список литературы

1. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 октября 2013 г. № 1185-ст «Об утверждении национального стандарта»: ГОСТ Р 7.0.8-2013 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения», 1 марта 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70574914/#ixzz5XEN1z8ns> (дата обращения: 18.11.2018).

2. Мухаметшин И.Н., Закирзянов Н.Х., Гимадеев Н.Н., Шайхутдинов Л.М., Козлов С.Г., Шарафиев Р.Г., Нишкишин Б.В., Филиппов В.Н. Автоматизированная система управления группой предприятий (ПИЛОТ) // Свидетельство № 2012611665 РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ. ОБПБТ. 2012. № 2 (79). С. 404.
3. Карасёва А.В., Филиппов В.Н., Ахмадуллина М.Р. Информационная система поддержки деятельности транспортных объединений // Свидетельство № 2011614017 РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ. ОБПБТ. 2011. № 3 (76). С. 319.
4. Лунева Н.Н., Левина Т.М., Кривобоков В.А. Интеграция информационных систем управления предприятием для формирования сопроводительной документации бизнес-процесса «Отгрузка продукции» // Наука. Технология. Производство – 2017. Экология и ресурсосбережение нефти-химии и нефтепереработки, посвящ. 40-летию кафедры химико-технологических процессов филиала УГНТУ в г. Салавате, 2017. С. 291–293.
5. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Российская газета. 31 декабря 2001.
6. Емалетдинова Л.Ю., Кайнов А.С. Дискретная нейросетевая модель оптимизации распределения заданий по нескольким компьютерам // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2007. № 1 (46). С. 80–83.
7. Катасёв А.С. Математическое обеспечение и программный комплекс формирования нечетко-производственных баз знаний для экспертных диагностических систем // Фундаментальные исследования. 2013. № 10–9. С. 1922–1927.

УДК 621.9.015

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ НАРУЖНОГО ДИАМЕТРА ДЛИННОМЕРНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ

Лаврентьев А.М.

Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: lamvstu@gmail.com

Статья посвящена анализу и поиску новых методов обработки наружных цилиндрических поверхностей длинномерных тонкостенных труб диаметром от 16 мм до 50 мм и толщинами стенок от 0,5 мм до 3 мм, применяемых при изготовлении товаров широкого потребления, таких как полотенцесушители, перила, ограждения, поручни и т.д. Основные требования, которые предъявляются к таким трубам, – это низкая шероховатость и отклонения от круглости в пределах 0,1 мм при допуске на наружный диаметр по 14 и более низким квалитетам точности. Рассмотрены следующие методы обработки наружных цилиндрических поверхностей: точение, электрофизическая и электрохимическая обработка, шлифование, иглофрезерование, обработка поверхностным пластическим деформированием (ППД), совмещенная обработка резанием и ППД, а также ротационное обкатывание. Приведены их схемы, области применения, достигаемые качества точности и параметры шероховатости. Отмечены их достоинства и недостатки. Показано, что одним из перспективных методов, позволяющих исправить форму наружной поверхности, без снятия припуска, с одновременным снижением шероховатости, является обработка ротационным обкатыванием полноконтактными роликами. В литературных источниках описано использование данного метода при чистовой обработке валов большого диаметра, применение его для размерно-чистовой обработки наружной цилиндрической поверхности длинномерной тонкостенной трубы в литературе не описано.

Ключевые слова: поверхностное пластическое деформирование, ротационное обкатывание, длинномерные тонкостенные трубы

ANALYSIS OF WAYS OF PROCESSING OF OUTER DIAMETER OF LONG THIN-WALLED PIPES

Lavrentev A.M.

Kamyshin Technological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: lamvstu@gmail.com

Article is devoted to the analysis and search of new methods of processing of external cylindrical surfaces of long thin-walled pipes with a diameter from 16 mm to 50 mm and thickness of walls from 0,5mm to 3 mm applied at production of consumer goods, such as heated towel rails, handrail, protections, hand-rail, etc. The main requirements which are imposed to such pipes it is low roughness and deviations from roundness within 0,1 mm at the admission on outer diameter on 14 and to lower quality of accuracy. The following methods of processing of external cylindrical surfaces are considered: turning, electrophysical and electrochemical processing, grinding, a milling of needles, processing by the superficial plastic deformation (SPD), the combined processing by cutting and PPD and also rotational rolling. The fields of their application reached a quality of accuracy and parameters of roughness are given. Their merits and demerits are noted. It is shown that one of the perspective methods allowing correcting a form of an external surface without removal of an allowance, with simultaneous decrease in roughness is processing by rotational rolling by full contact rollers. In references use of this method is described at fair processings of shaft of big diameter, its application for dimensional and fair processing of an external cylindrical surface of a long thin-walled pipe in literature it isn't described.

Keywords: superficial plastic deformation, rotational rolling, long thin-walled pipes

Сегодня на рынке представлено большое количество товаров (бытовые и магазинные тележки, витрины магазинов, стеллажи, элементы мебели, гардины, лестничные перила и ограждения, поручни, и т.д.) конструктивными элементами которых являются длинномерные тонкостенные трубы диаметром 16 мм...50 мм с толщиной стенки от 0,5 мм до 3 мм, выполненные по 14 квалитету точности и отклонению от круглости в пределах 0,1 мм с шероховатостью поверхности Ra 0,12 мкм...Ra 0,16 мкм.

В качестве заготовок для таких труб в основном используются бесшовные холоднодеформированные трубы. Такие трубы имеют меньшие отклонения от кру-

глости, по сравнению с электрошовными трубами, которые в состоянии поставки имеют отклонение формы наружной поверхности в пределах 0,3% от их диаметра, следовательно, для получения из них готовых изделий достаточно применение шлифования для удаления дефектного слоя малой толщины с последующим полированием. Однако, стоимость бесшовных холоднодеформированных труб в 2...2,5 раза выше стоимости прямошовной электросварной трубы, а значит, в качестве заготовки экономически выгоднее использовать прямошовную электросварную трубу.

Кроме того, как показывает практика, при изготовлении и хранении длинномер-

ных тонкостенных труб возникают искажения их геометрической формы, как по длине, так и искажения формы поперечного сечения. К тому же при изготовлении труб на их поверхности образуются окалина и ржавчина, которые необходимо удалить в процессе последующей обработки. Основными элементами технологического процесса механической обработки труб малого диаметра (16 мм...50 мм) являются: удаление дефектного слоя (ржавчина и окалина, образуемые при производстве труб), обеспечение точности диаметральных размеров и формы наружной поверхности, обеспечение требуемых высотных параметров шероховатости поверхности до величины $Ra = 0,12$ мкм... $0,16$ мкм.

При чистовой обработке труб, применяемых при изготовлении различных товаров, требования по точности диаметрального размера, твердости и глубине наклепа не оговариваются, так как они не влияют на эксплуатационные показатели этих деталей. При этом важным является обеспечение низкой шероховатости и заданного минимального отклонения от цилиндричности. Следовательно, основной задачей при обработке наружной цилиндрической поверхности тонкостенных труб является выбор прогрессивных и высокопроизводительных методов обработки, которые обеспечивают последовательное выполнение следующих операций: исправление геометрической формы и снижение шероховатости обработанной поверхности.

Таким образом, целью данной работы является анализ методов размерной и чистовой обработки наружных цилиндрических поверхностей, их сочетаний, а также поиска метода, позволяющего производить размерно-чистовую обработку наружного диаметра длинномерной тонкостенной трубы с наименьшей себестоимостью и максимальной производительностью при выполнении предъявляемых требований по точности формы и шероховатости обработанной поверхности.

Материалы и методы исследования

Материал исследования составил анализ существующих способов обработки наружных цилиндрических поверхностей длинномерных деталей. В настоящее время обработка наружных цилиндрических поверхностей длинномерных валов и тонкостенных труб сводится к последовательному удалению припуска резанием с последующими чистовыми и отделочными материалами, такими как полирование, хонингование и суперфиниширование.

Результаты исследования и их обсуждение

Обработку резанием, в зависимости от величины удаляемого припуска и качества

обработанной поверхности, разделяют на черновую, получистовую, чистовую, тонкую и отделочную.

Точение – один из наиболее распространенных методов обработки наружных цилиндрических поверхностей. Точение бывает черновое, получистовое, чистовое и тонкое. Черновая токарная обработка предназначена для придания обрабатываемой поверхности требуемой точности размеров (в пределах 12...14 квалитетов точности) и формы, с шероховатостью $Rz = 30$ мкм... 200 мкм. При черновом точении удаляется большая часть припуска. Получистовая токарная обработка позволяет обрабатывать наружные цилиндрические поверхности 10...12 квалитетов точности с шероховатостью $Rz = 10$ мкм... 80 мкм. Чистовая токарная обработка позволяет получать поверхности 8...10 квалитетов с шероховатостью $Ra = 0,8$ мкм... $2,5$ мкм. Чистовую токарную обработку проводят токарными резцами при малых подачах и высоких скоростях резания или широкими резцами [1].

Возникающая при токарной обработке радиальная составляющая сила резания R_y действует перпендикулярно оси обрабатываемой заготовки. Это вызывает отжатие заготовки в радиальном направлении. Для предотвращения отжатия заготовки при обработке длинномерных валов на токарных станках используют специальные подводящие опоры – люнеты, установка которых требует времени, вследствие чего увеличивается время на обработку.

Повышение производительности при точении достигается применением многолезцовых головок. Одной из возможных и наиболее распространенных конструкций является двурезцовая головка. Резцы в головке устанавливаются противоположно друг другу по разные стороны заготовки. При этом обеспечивается уравновешивание сил резания, действующих со стороны каждого из резцов, за счет чего исключаются прогибы обрабатываемой детали, нет необходимости использовать люнеты.

Недостатком перечисленных выше методов обработки наружных цилиндрических поверхностей является высокая трудоемкость, из-за наличия нескольких последовательных операций, а следовательно, низкая производительность, которая, в свою очередь, увеличивает технологическую себестоимость обработки.

В некоторых случаях используют многолезцовые головки с большим количеством резцов, установленных равномерно по окружности заготовки.

При использовании многолезцовых головок повышается производительность за счет деления снимаемого припуска между резцами, установленными в головке. Однако применение таких головок не обеспечивает поднастройку резцов по мере износа при обработке нежестких валов.

Альтернативным методом получистовой и чистовой обработки точением являются различные методы абразивной обработки.

Абразивную обработку наружных цилиндрических поверхностей производят на кругло-, ленточно- и бесцентрово-шлифовальных станках.

Абразивную обработку на кругло-шлифовальных станках осуществляют шлифовальными кругами при больших скоростях резания (30 м/с...60 м/с) и малых подачах на оборот детали ($S_o = 0,07$ мм/об...0,8 мм/об). Чистовое шлифование позволяет получить детали от 6 качества точности и выше, шероховатостью Ra 0,4 мкм... 1,6 мкм [1]. Одной из разновидностей продольного шлифования является глубинное шлифование (глубина резания 0,1...0,3 мм). Его применяют для обработки деталей без предварительной лезвийной обработки.

При продольном круглом шлифовании на заготовку действует сила P_u , которая вызывает отжатие заготовки, установленной в центрах, а также заготовка изгибается под собственным весом, что приводит к искажению формы обработанной поверхности. Кроме того, шлифование одним кругом не позволяет обеспечить достаточно высокую производительность обработки.

Для длинномерных гладких валов и тонкостенных труб наибольшее применение нашло бесцентровое шлифование, при котором базирующей поверхностью является сама обрабатываемая поверхность.

По сравнению с обработкой заготовок на кругло-шлифовальных станках бесцентровое шлифование обладает следующими преимуществами: более высокая точность и стабильность размеров и формы, меньшее вспомогательное и основное время. К недостаткам бесцентрового шлифования относятся: сложная наладка и ограниченная номенклатура обрабатываемых изделий [2].

Другой метод обработки резанием – иглофрезерование, применяемый для обработки плоских и цилиндрических поверхностей, а также для очистки деталей от окалины, по сравнению с абразивными методами обработки является более простым, также после обработки на поверхности отсутствует шаржирование. Возможность применения иглофрезерования для получения точных цилиндрических поверхностей

валов и тонкостенных труб по литературным источникам не выявлено.

Так же для обработки наружной поверхности длинномерных тонкостенных труб можно использовать физико-химические методы размерной обработки материалов, которые обеспечивают съем обрабатываемого материала в результате физико-химических процессов. Электрофизическая и электрохимическая обработка позволяет получить детали от 6 качества точности и выше, шероховатостью Ra 0,4 мкм... 1,2 мкм [3, 4].

Электрофизическая обработка, по сравнению с обработкой резанием, позволяет получать детали с более высокой точностью размеров и формы с высокой производительностью. Однако она обладает следующими недостатками: необходимо периодически очищать электродит от шлама, сильное влияние на производительность оказывают электрические параметры процесса (с увеличением напряжения возрастает производительность, но слишком высокое напряжение приводит к электроискровому процессу, в результате чего качество обработанных поверхностей резко ухудшается). Плотность тока зависит от многих факторов. При высоких плотностях тока повышается производительность, но снижается качество, а при низких наоборот. Так же для обработки труб длиной свыше 1500 мм необходимо применять длинные ванны и возможность перемещения инструмента на значительную величину. Такое оборудование отсутствует в реальном производстве и требует вложения больших капитальных средств.

Большим потенциалом при чистовой обработке длинномерных тонкостенных труб обладает поверхностное пластическое деформирование (ППД).

ППД – один из наиболее простых и эффективных технологических методов повышения качества поверхностного слоя деталей. В результате ППД повышается твердость поверхностного слоя, формируются благоприятные остаточные напряжения, уменьшается шероховатость, в некоторых случаях повышается точность размеров деталей [5–7].

Обкатывание осуществляется за счет принудительного качения деформирующего элемента, представляющего собой тело вращения, по обрабатываемой поверхности под воздействием приложенной к нему силы деформирования.

Форма наружной поверхности деформирующего ролика и его размеры могут быть различными в зависимости от достижения требуемых результатов по про-

изводительности, качеству поверхностного слоя. Обработка ППД позволяет осуществлять обработку деталей от 6 качества точности и выше, с шероховатостью $Ra = 0,1$ мкм... $Ra = 0,05$ мкм [1]. Однако обработку ППД применяют исключительно для снижения шероховатости поверхностного слоя обрабатываемых деталей, требующей предварительной обработки резанием, позволяющей снизить отклонения формы поверхности.

С повышением качества поверхности обрабатываемой детали растет и стоимость механической обработки. На рис. 1 приведена диаграмма сравнительной стоимости рассмотренных выше способов обработки поверхностей. Представленная диаграмма показывает, что наименьшая стоимость обработки соответствует точению и обкатыванию [6]. Поэтому логичным продолжением совершенствования технологии обработки наружных цилиндрических поверхностей является совмещенная обработка резанием и ППД. Данный метод позволяет обеспечить требуемую точность обрабатываемых заготовок за один проход.

Совмещенная обработка резанием и ППД может быть построена с применением одного режущего и одного деформирующего элемента [7–9]. В этом случае усилия, возникающие при резании и поверхностном пластическом деформировании должны создавать один, замкнутый на деталь контур. При этом обкатник в данном случае, выполняет роль люнета и виброгасителя, что позволяет повысить точность и производительность обработки.

В работе [6] представлена конструкция устройства для совмещенной обработки резанием и ППД валов, которая состоит из двух дифференциальных обкатников постоянного усилия и резцовой головки, расположенной между ними. Обкатники, а также резцовая головка закреплены соосно друг другу. Резцовая головка построена на основе использования ротационных резцов с возможностью настройки на обрабатываемый диаметр детали.

Однако при обработке детали в установке дифференциальные обкатники постоянного усилия, которые приводят во вращение заготовку, обрабатывают поверхности различного диаметра, уменьшающегося после удаления припуска резцовой головкой, располагающейся между ними. Из-за этого обкатники начинают передавать заготовке различные скорости вращения, что может повлечь за собой поломку резцов, установленных в резцовой головке [10].

К недостаткам данного метода можно отнести: необходимость периодической заточки инструмента, определяемой периодом стойкости; малую производительность, так как необходимо согласовывать режимы резания при точении и обкатывании (лимитирующими режимами совмещенной обработки в данном случае является точение); трудности с настройкой обкатников, вызванные необходимостью обеспечить постоянство усилия обкатывания при изменении размера детали, происходящем в результате износа режущего лезвия и, как результат, изменением глубины внедрения ролика в поверхность заготовки.

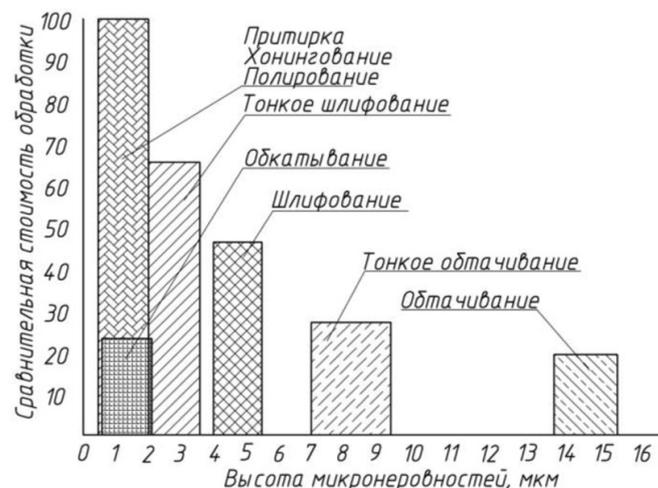


Рис. 1. Сравнительная стоимость различных методов чистой обработки при достижении максимальной шероховатости поверхности (по данным фирмы «Hegenscheide»)

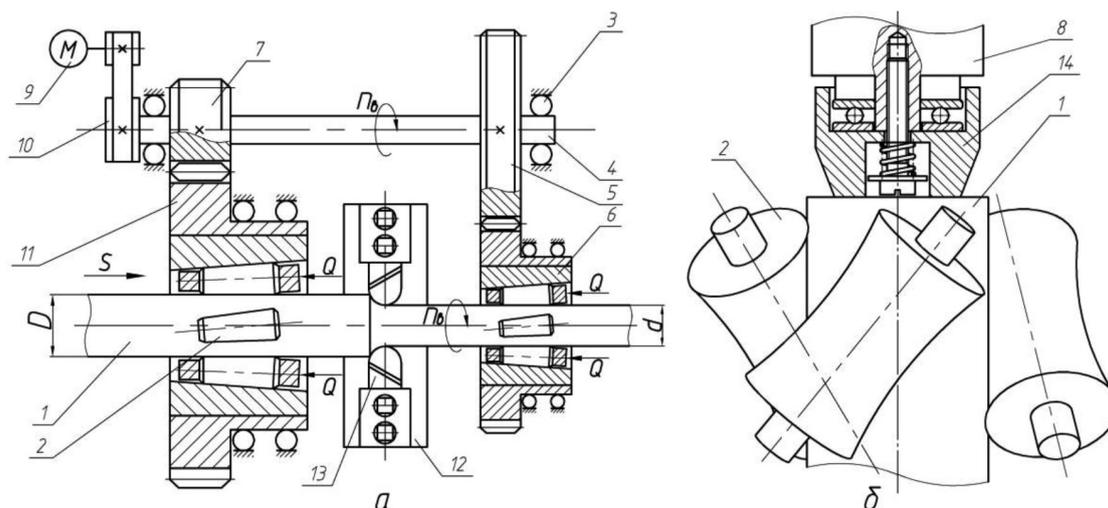


Рис. 2. Схемы способов обработки наружных цилиндрических поверхностей:
 а) совмещенная обработка резанием и ППД, б) ротационное обкатывание:
 1 – заготовка, 2 – деформирующий ролик, 3 – подшипник, 4 – вал, 5, 7 – зубчатое колесо,
 6, 11 – дифференциальный обкатник, 8 – тяговый орган прессы, 9 – электродвигатель,
 10 – ременная передача, 12 – резовая головка, 13 – резец, 14 – упорный центр

В работе [7] описан способ отделочной обработки наружных цилиндрических поверхностей ротационным обкатыванием. Инструмент для ротационного обкатывания наружных поверхностей валов полноконтактными роликами работает следующим образом: в корпусе на подшипниках, под углом самозатягивания, установлены опорные катки, на которые опираются деформирующие ролики, между роликами перемещается заготовка. Во время перемещения заготовки ролики вращаются вокруг своих осей за счет наличия натяга и установки под углом самозатягивания. Сила подачи передается заготовке через вращающийся упорный центр, который соединен с тяговым органом прессы или протяжного станка через упорный шарикоподшипник [7].

Если подобрать такое соотношение длины контакта поверхностей ролика и заготовки, количеством роликов, углом их установки можно достигнуть полного перекрытия следов ролика на поверхности заготовки.

Ротационное обкатывание используется преимущественно для отделочной обработки гладких валов. В конструкции ротационных обкатников в качестве деформирующих элементов используются ролики с вогнутой образующей. С технологической точки зрения изготовление таких роликов является трудоемкой задачей, ведь при их обработке необходимы высокая точность изготовления и низкая шероховатость рабочей поверхности ролика с образующей в виде дуги. Применение в конструкциях

инструмента более технологичных роликов, имеющих прямолинейную образующую, в литературе не приводятся. Так же следует отметить, что в литературных источниках отсутствуют сведения о влиянии геометрических параметров деформирующих роликов на качество обработанной поверхности и самоподачу создаваемых инструментом.

Таким образом, одной из причин недостаточной распространенности ротационного обкатывания роликами является отсутствие отработанных и опробованных методических средств определения взаимосвязи между управляемыми и выходными параметрами процесса деформирования, относительная сложность и нехватка нормативных материалов, позволяющих назначать режимы обработки, не обращаясь к трудоемким теоретическим и экспериментальным исследованиям.

Выводы

Одним из перспективных направлений в области размерно-чистовой обработки наружного диаметра длинномерных тонкостенных труб, а именно снижения допуска круглости без предварительной обработки резанием, является обработка ротационным обкатыванием, которая позволит исправить форму наружной поверхности обрабатываемой трубы с одновременным снижением шероховатости. Однако для обработки ППД необходимо создавать усилия, сминающие вершины шероховатости предыдущей обработки. Величина этого усилия может

оказаться такой, что стенка обрабатываемой трубы сомнется. Поэтому необходимо подобрать такие конструктивно-технологические параметры обработки, при которых будет возможна обработка ППД, без чрезмерного смятия стенки трубы.

Список литературы

1. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учеб. для вузов. М.: Кнорус, 2013. 336 с.
2. Бабичев А.П. Физико-технические основы методов обработки. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 409 с.
3. Киселев М.Г. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов. Минск: Новое название; М.: ИНФРА-М, 2014. 389 с.
4. Безъязычный В.Ф., Крылов В.Н., Чарковский Ю.К., Шилков Е.В. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб.: Издательство «Лань», 2017. 432 с.
5. Звонцов И.Ф., Иванов К.М., Серебrenицкий П.П. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2018. 696 с.
6. Никифоров Н.И. Разработка и исследование способа совмещенной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием длинномерных валов и труб: дис. ... канд. тех. наук. Волгоград, 2003. 188 с.
7. Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей. Минск: Высшейш. школа, 1968. 364 с.
8. Никифоров Н.И., Выходец В.И., Лаврентьев А.М., Носков М.Ю. Комбинированная обработка резанием и ППД роликами с самоподачей // Успехи современного естествознания. 2014. № 12–2. С. 95–98.
9. Суслов А.Г., Бабичев А.П., Киричек А.В. и др. Технология и инструменты отделочно-упрочняющей обработки деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник. В 2-х т. Т. 2. М.: Машиностроение, 2014. 444 с.
10. Алабин В.И., Отений Я.Н., Никифоров Н.И., Лаврентьев А.М. Особенности конструкции инструмента для комбинированной режущо-деформирующей обработки // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5014> (дата обращения: 06.10.2018).

УДК 531.383

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО МИКРОГИРОСКОПА К ВИБРАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

¹Лысенко И.Е., ²Коледа А.Н.¹ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: ielysenko@sfnu.ru;²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, e-mail: kopranchikos@tpu.ru

Вибрационная и ударная устойчивости микромеханических датчиков в значительной мере определяются кинематикой движений его сенсора. Поэтому в качестве основного метода повышения устойчивости к механическим воздействиям микромеханического гироскопа (ММГ) при проектировании можно назвать правильный выбор его кинематической схемы. В статье рассматривается двухкомпонентный микрогироскоп с промежуточными телами и антифазным первичным движением. При использовании промежуточных тел, информативные колебания изолируются от первичных колебаний. При этом сенсорные электроды не перемещаются вдоль первичного движения привода, и изменение емкостей сенсорных электродов будет происходить только при их перемещении вдоль информативной оси. Проведено моделирование движения гироскопа, которое показало, что поступательная вибрация основания вызывает колебания гироскопа с частотой вибрации, которые накладываются на информативные колебания. Применение антифазных первичных колебаний гироскопа позволяет уменьшить в выходной информации влияние вибрационных колебаний. Собственные частоты гироскопа превышают частотный диапазон вибрационного воздействия, что исключает возможность возникновения резонансов. Алгоритм определения угловой скорости идеально компенсирует гармоническую составляющую действующей вибрации, оставляя в спектре выходного сигнала лишь информативную составляющую с частотой первичных колебаний, которая и определяет измеряемую угловую скорость.

Ключевые слова: микромеханический гироскоп, антифазное движение, вибрация, промежуточные тела, Matlab Simulink

SENSITIVITY ANALYSIS OF MICROMECHANICAL GYROSCOPE TO VIBRATORY LOAD

¹Lysenko I.E., ²Koleda A.N.¹Southern Federal University, Taganrog, e-mail: ielysenko@sfnu.ru;²National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: kopranchikos@tpu.ru

Vibration and impact stabilities of micromechanical gyroscopes (MMG) depend to a significant degree on kinematics of their sensors. Therefore, the MMG design uses the method of increasing the MMG resistance to mechanical stress as a basic tool for the appropriate selection of its kinematic configuration. This paper considers a two-axis MMG with decoupling frames and antiphase primary oscillations. Decoupling frames isolate primary and secondary oscillations from each other. At the same time, the motion of sensing electrodes eliminates in the direction of the drive, and capacitances of sensing electrodes depend only on their motions along the secondary oscillation axes. The gyroscope motion simulation shows that translational vibration of the gyroscope's support frame causes the oscillations which superpose the secondary oscillations. The use of antiphase primary oscillations allows decreasing the effect from oscillations in the output signal. The MMG eigen-frequencies exceed the frequency range of the vibrational impact, which eliminates the risk of resonances. The algorithm of calculation of the MMG angular velocity perfectly compensates the wave constituent of oscillations. Only secondary oscillations having the frequency of primary oscillations are then present within the spectrum of the output signal and do determine the angular velocity to be measured.

Keywords: micromechanical gyroscope, antiphase oscillation, vibration, decoupling frames, Matlab Simulink

В настоящее время микромеханические сенсоры широко используются в различной аппаратуре гражданского и военного назначения. Требования к параметрам и показателям микромеханических гироскопов (ММГ) регулярно увеличиваются, так как появляются новые области их использования, которые отличаются высоким уровнем различных внешних дестабилизирующих факторов, в частности более высокими требованиями к параметрам ударов и вибрации [1–3].

Вибрационная и ударная устойчивости микромеханических датчиков в значительной мере определяются кинематикой движений его сенсора [4–6]. Поэтому в качестве основного метода повышения устойчивости к механическим воздействиям микро-

механического гироскопа при проектировании можно назвать правильный выбор его кинематической схемы [7, 8].

Целью работы является исследование чувствительности микромеханического гироскопа с антифазным первичным движением к вибрационным воздействиям [9].

Схема и принцип действия

Принцип действия, рассматриваемого в статье двухкомпонентного микрогироскопа, поясняется рис. 1. Гироскоп применяется для измерения угловых скоростей объекта вокруг осей X и Z. В гироскопе применяется антифазное первичное движение, для этого с помощью гребенчатой структуры 15 вдоль оси Y происходит возбуждение противофаз-

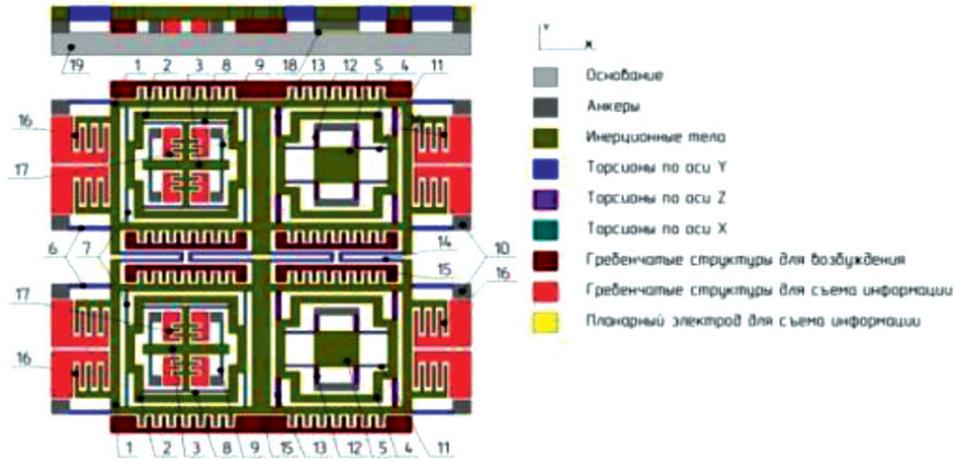


Рис. 1. Схема двухкомпонентного гироскопа с промежуточными телами

ных первичных гармонических колебаний рамок 1, которые крепятся к основанию 19 с помощью упругих элементов 6.

Рамки соединены между собой упругим элементом 14, что позволяет им совершать первичные колебания с одной частотой, но в противоположных направлениях. Тела 2 и 4 являются промежуточными и совершают первичные колебания заодно с рамками 1 вдоль оси Y. Это происходит вследствие того, что жёсткость упругих элементов 7 вдоль осей Z, Y намного выше, чем жёсткость этих упругих элементов вдоль оси X, а жёсткость упругих элементов 13 вдоль осей Y, X намного выше их жёсткости по оси Z.

Инерционные тела 3 соединяются с промежуточными телами 2 упругими элементами 8 и их жёсткость по оси X намного выше их жёсткости по оси Y. С основанием инерционные тела 3 соединены упругими элементами 9, которые имеют жёсткость по оси X на несколько порядков меньше, чем по оси Y. Благодаря этому инерционные тела 3 не перемещаются по оси Y при первичных колебаниях.

При появлении угловой скорости Ω_z появляются силы Кориолиса. Данные силы через промежуточные тела 2 и упругие подвесы 8 и 9 возбуждают колебания инерционных тел 3 по оси X, которые являются информативными. Перемещения инерционных тел 3 преобразовываются в изменения ёмкостей гребенчатой структуры 17, которые представляют собой преобразователь ёмкость-напряжение (ПЕН).

Инерционные тела 5 также не принимают участия в первичных колебаниях вдоль оси Y. При появлении угловой скорости Ω_x появляются силы Кориолиса, которые направлены по оси Z через промежуточные тела 4 и упругие подвесы 11. Силы Кориолиса возбуждают полезные колебания инерционных тел 5, закреплённых с помощью упругих элементов 12 по оси Z. При перемещениях инерционных тел происходят изменения ёмкостей электродов 18, 19, которые также используются в ПЕН.

Таким образом, используя промежуточные тела, можно изолировать информативные колебания от первичных колебаний. При этом не происходит движения сенсорных гребенчатых структур в направлении первичных колебаний и изменение ёмкостей сенсорных гребенчатых структур будет зависеть только при их перемещениях вдоль информативных осей.

Математическая модель движения ММГ

Эквивалентные схемы двухкомпонентного микрогироскопа можно представить в виде системы сосредоточенных масс, которые имеют упругое соединение между собой, а также с основанием.

Основание, с которым жёстко связан корпус гироскопа, совершает поступательную синусоидальную вибрацию и поворачивается в пространстве с угловыми скоростями Ω_x , Ω_y и Ω_z . Тогда получим уравнения сенсорных вторичных колебаний вдоль оси X в виде

$$\begin{aligned} \ddot{x}_2 + \xi_2 \dot{x}_2 + x_2 \omega_{m4}^2 - \beta_3 x_1 &= h \cos \omega_y t - (h_1 - h_2) \sin \omega_y t - h_3 \cos qt + h_4 \sin qt, \\ \ddot{x}_1 + \xi_1 \dot{x}_1 + x_1 \omega_{m3}^2 - \alpha_3 x_2 &= h_4 \sin qt, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\ddot{x}'_2 + \xi'_2 \dot{x}'_2 + x'_2 (\omega'_{m4})^2 - \beta'_3 = -h \cos \omega_y t + (h_1 - h_2) \sin \omega_y t - h_3 \cos qt + h_4 \sin qt,$$

$$\ddot{x}'_1 + \xi'_1 \dot{x}'_1 + x'_1 (\omega'_{m3})^2 - \alpha'_3 x_2 = h_4 \sin qt,$$

где $h = 2\Omega_z y_m \omega_y$; $h_1 = \Omega_x \Omega_y y_m$; $h_2 = k_{yx} y_m$; $h_3 = \dot{x}_0 q$; $h_4 = -\dot{z}_0 \Omega_y + \dot{y}_0 \Omega_z$; $\xi_2 = \frac{\omega_{x2}}{Q_{x2}}$; $\xi_1 = \frac{\omega_{x1}}{Q_{x1}}$;

q – частота вибрации; ω_y – частота первичных колебаний. Из уравнений видно, что промежуточные рамки и инерционные тела совершают колебания с частотой первичных колебаний и с частотой вибрации по закону

$$x_1(t) = x_1^{\text{инф}} \cos(\omega_y t + \varepsilon_{11}) + x_1^{\text{KB}} \sin(\omega_y t + \varepsilon_{12}) + x_{11}^{\text{вибр}} \cos(qt + \varepsilon_{13}) + x_{12}^{\text{вибр}} \sin(qt + \varepsilon_{14}),$$

$$x_2(t) = x_2^{\text{инф}} \cos(\omega_y t + \varepsilon_{21}) + x_2^{\text{KB}} \sin(\omega_y t + \varepsilon_{22}) + x_{21}^{\text{вибр}} \cos(qt + \varepsilon_{23}) + x_{22}^{\text{вибр}} \sin(qt + \varepsilon_{24}), \quad (2)$$

$$x'_1(t) = x_1^{\text{инф}} \cos(\omega_y t + 180 + \varepsilon'_{11}) + x_1^{\text{KB}} \sin(\omega_y t + 180 + \varepsilon'_{12}) + x_{11}^{\text{вибр}} \cos(qt + \varepsilon'_{13}) + x_{12}^{\text{вибр}} \sin(qt + \varepsilon'_{14}),$$

$$x'_2(t) = x_2^{\text{инф}} \cos(\omega_y t + 180 + \varepsilon'_{21}) + x_2^{\text{KB}} \sin(\omega_y t + 180 + \varepsilon'_{22}) + x_{21}^{\text{вибр}} \cos(qt + \varepsilon'_{23}) + x_{22}^{\text{вибр}} \sin(qt + \varepsilon'_{24}).$$

Первые составляющие в формулах (2) представляют собой информативные колебания, амплитуда которых зависит от измеряемых угловых скоростей. Вторые составляющие колебаний, происходящие с частотой первичных колебаний, обусловлены перекрёстной связью между первичным и вторичным каналами. Третьи составляющие колебаний с частотой q зависят от вибрации основания. Информация об измеряемых угловых скоростях и ускорениях объекта содержится в амплитудах колебаний инерционных тел, которые определяются как

$$x_1^{\text{инф}} = \frac{\sqrt{(\Delta L_1)^2 + (\Delta N_1)^2}}{\Delta_1}, x_1^{\text{KB}} = \frac{\sqrt{(\Delta L_2)^2 + (\Delta N_2)^2}}{\Delta_1}, x_1^{\text{вибр}} = \frac{\sqrt{(\Delta L_3)^2 + (\Delta N_3)^2}}{\Delta_2},$$

где

$$\Delta_1 = (\omega_y^2 - \omega_{m4}^2)^2 \left[(\omega_y^2 - \omega_{m3}^2)^2 + \omega_y^2 \xi_2^2 \right] + \omega_y^2 \xi_2^2 \left[(\omega_y^2 - \omega_{m3}^2)^2 + \omega_y^2 \xi_1^2 \right] + \alpha_2 \beta_2 \left[\alpha_2 \beta_2 + 2\omega_y^2 \xi_1 \xi_2 \right],$$

$$\Delta L_1 = h \alpha_2 \left[(\omega_y^2 - \omega_{m3}^2)(\omega_y^2 - \omega_{m4}^2) + \alpha_2 \beta_2 + \omega_y^2 \xi_1 \xi_2 \right],$$

$$\Delta N_1 = -h \alpha_2 \omega_y \left[\xi_1 (\omega_y^2 - \omega_{m4}^2) + \xi_2 (\omega_y^2 - \omega_{m3}^2) \right], \quad (3)$$

$$\Delta N_2 = (h_1 - h_2) \alpha_2 \left[\alpha_2 \beta_2 + \omega_y^2 \xi_1 \xi_2 - (\omega_y^2 - \omega_{m4}^2)(\omega_y^2 - \omega_{m3}^2) \right],$$

$$\Delta L_2 = (h_1 - h_2) \alpha_2 \omega_y \left[\xi_1 (\omega_y^2 - \omega_{m4}^2) - \xi_2 (\omega_y^2 - \omega_{m3}^2) \right],$$

$$\Delta_2 = (q^2 - \omega_{m4}^2)^2 \left[(q^2 - \omega_{m3}^2)^2 + q^2 \xi_2^2 \right] + q^2 \xi_2^2 \left[(q^2 - \omega_{m3}^2)^2 + q^2 \xi_1^2 \right] + \alpha_2 \beta_2 \left[\alpha_2 \beta_2 + 2q^2 \xi_1 \xi_2 \right];$$

$$\Delta L_3 = h_3 \left\{ (q^2 - \omega_{m3}^2) \left[(q^2 - \omega_{m4}^2)^2 + q^2 \xi_1 \xi_2 \right] + \alpha_2 \left[(\alpha_2 \beta_2 + q^2 \xi_1 \xi_2) - (q^2 - \omega_{m4}^2)(q^2 - \omega_{m4}^2 + \beta_2) \right] \right\} + q h_4 \left\{ \alpha_2 \left[\xi_2 (q^2 - \omega_{m3}^2) + \xi_1 (q^2 - \omega_{m4}^2) \right] + \left[\xi_1 (q^2 - \omega_{m4}^2)^2 + \alpha_2 \beta_2 \xi_2 - q^2 \xi_1 \xi_2^2 \right] \right\},$$

$$\Delta N_3 = h_3 q \left\{ \alpha_2 \left[\xi_2 (q^2 - \omega_{m3}^2) + \xi_1 (q^2 - \omega_{m4}^2) \right] - \xi_1 (q^2 - \omega_{m3}^2)(q^2 - \omega_{m4}^2) - \xi_2 (\alpha_2 \beta_2 + q^2 \xi_1 \xi_2) \right\} + h_4 \alpha_2 \left[-(\alpha_2 \beta_2 + q^2 \xi_1 \xi_2) + (q^2 - \omega_{m4}^2)(q^2 - \omega_{m3}^2 + \beta_2) \right].$$

Колебания инерционных тел преобразуются в изменения сенсорных емкостей и затем в выходные сигналы. Колебания инерционных тел по оси Z имеют аналогичный вид, но с параметрами этого канала. Как видно из выражений (2) и (3), на информативные колебания инерционных тел, которые происходят с частотой первичных колебаний, накладываются колебания с частотой вибрации и колебания с частотой первичных колебаний, но сдвинутые на 90° по отношению к информативным колебаниям. Эти колебания представляют собой помеху, которая может быть устранена системой обработки информации. Алгоритм определения угловых скоростей многокомпонентным гироскопом позволяет скомпенсировать вибрационные помехи, так как они имеют противоположные знаки за

счёт применения антифазного первичного движения.

Моделирование в среде Matlab Simulink

По результатам моделирования получены следующие результаты. При отсутствии вибрации (рис. 2) промежуточные рамки и инерционные тела совершают колебания с одинаковой амплитудой как единое тело.

Вибрация основания вызывает появление колебаний сенсора с частотой вибрации, которые накладываются на первичные (рис. 3, а) и информативные колебания (рис. 3, б, в).

Амплитуда первичных колебаний более чем на два порядка превышает амплитуду вибрационных колебаний, следовательно, влиянием вибрации на первичный канал можно пренебречь.

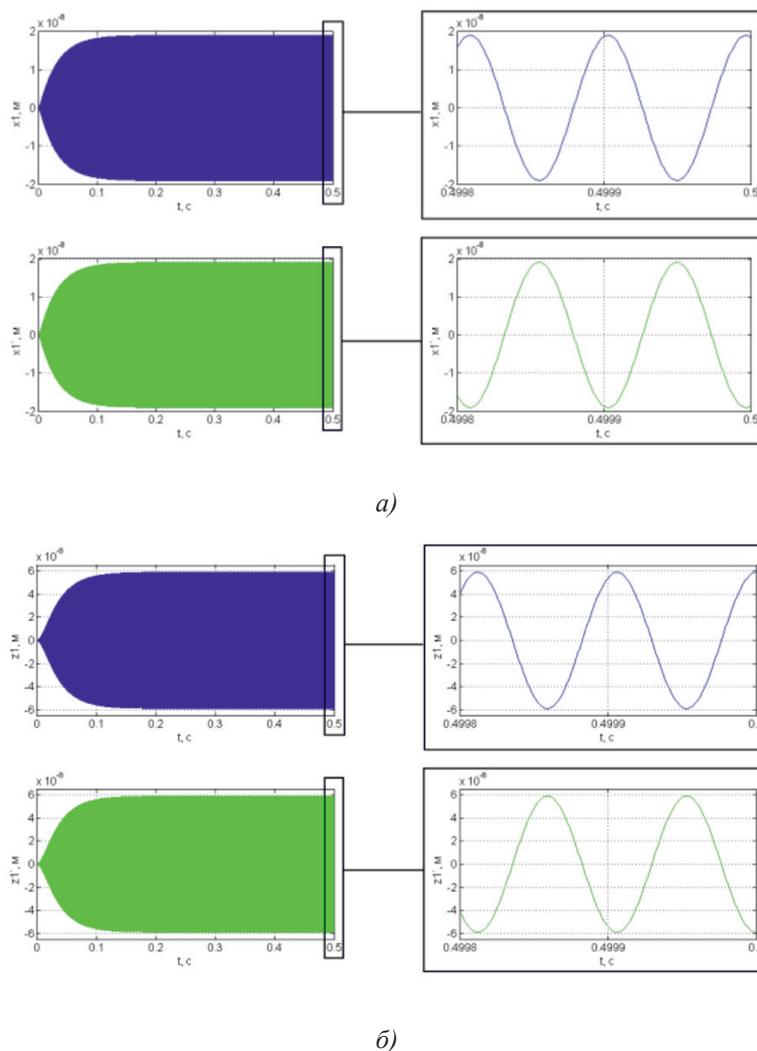
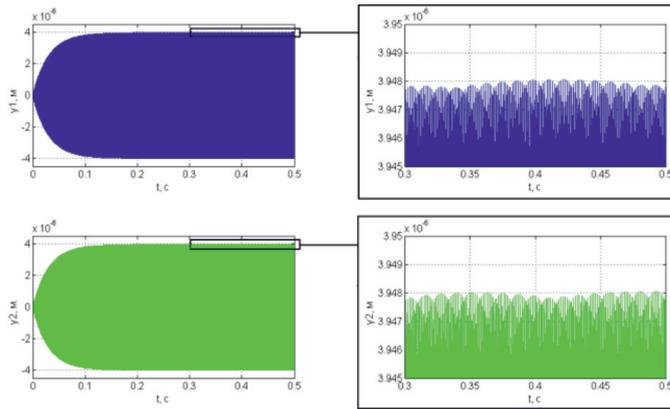
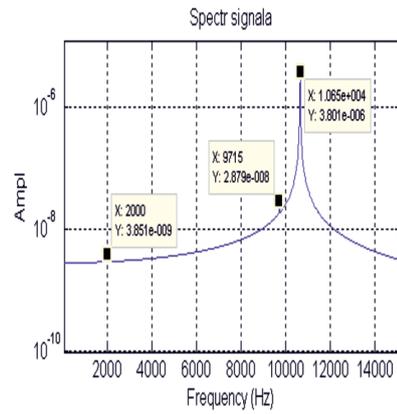


Рис. 2. Колебания ММГ при отсутствии вибрации: а) колебания сенсора гироскопа по оси X , б) Колебания сенсора гироскопа по оси Z

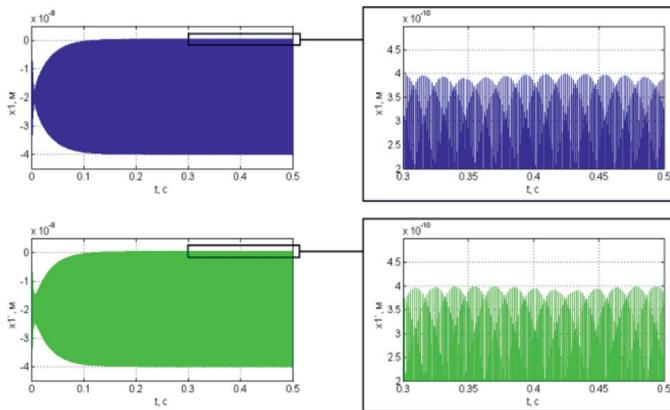


временные характеристики

а)

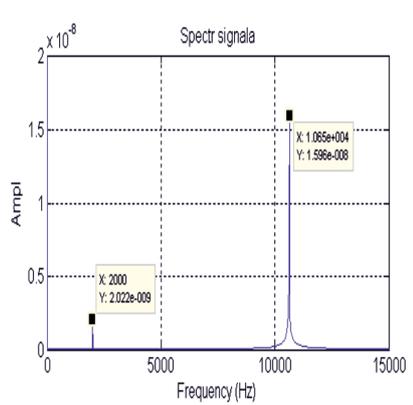


спектр сигнала

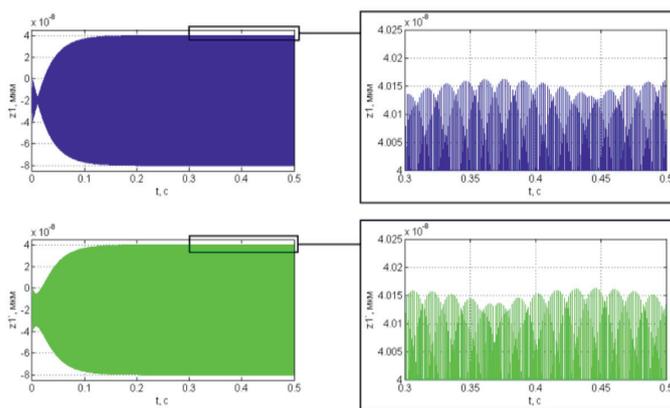


временные характеристики

б)

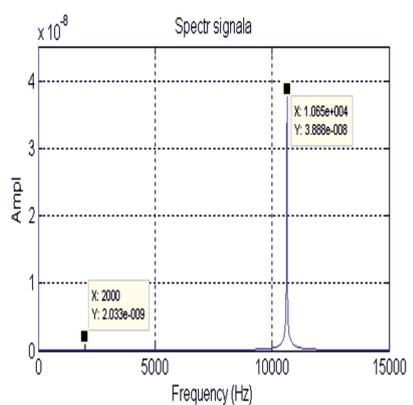


спектр сигнала



временные характеристики

в)



спектр сигнала

Рис. 3. а) первичные колебания гироскопа по оси Y при наличии вибрации, б) колебания сенсора гироскопа по оси X при наличии вибрации, в) колебания сенсора гироскопа по оси Z при наличии вибрации

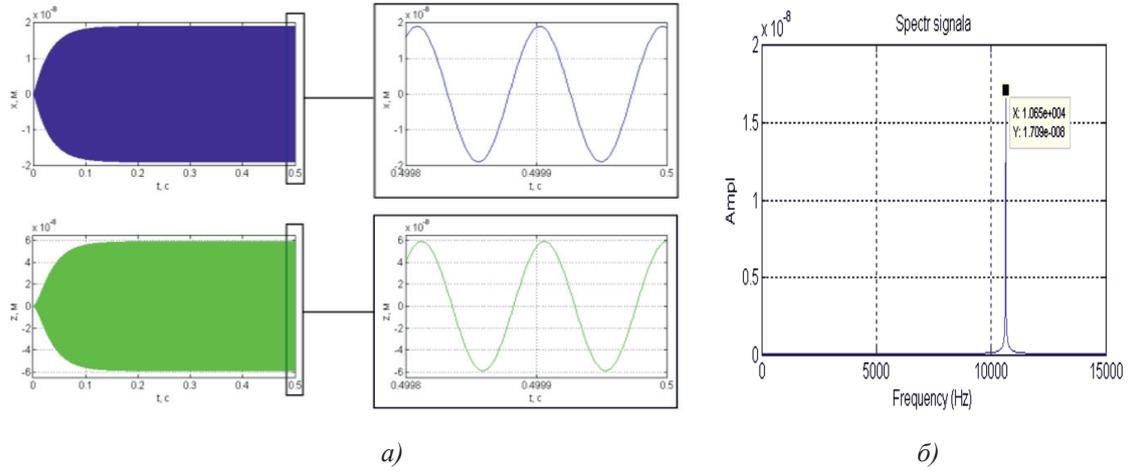


Рис. 4. Алгоритм определения угловой скорости при вибрации:
а) временные характеристики, б) спектр сигнала

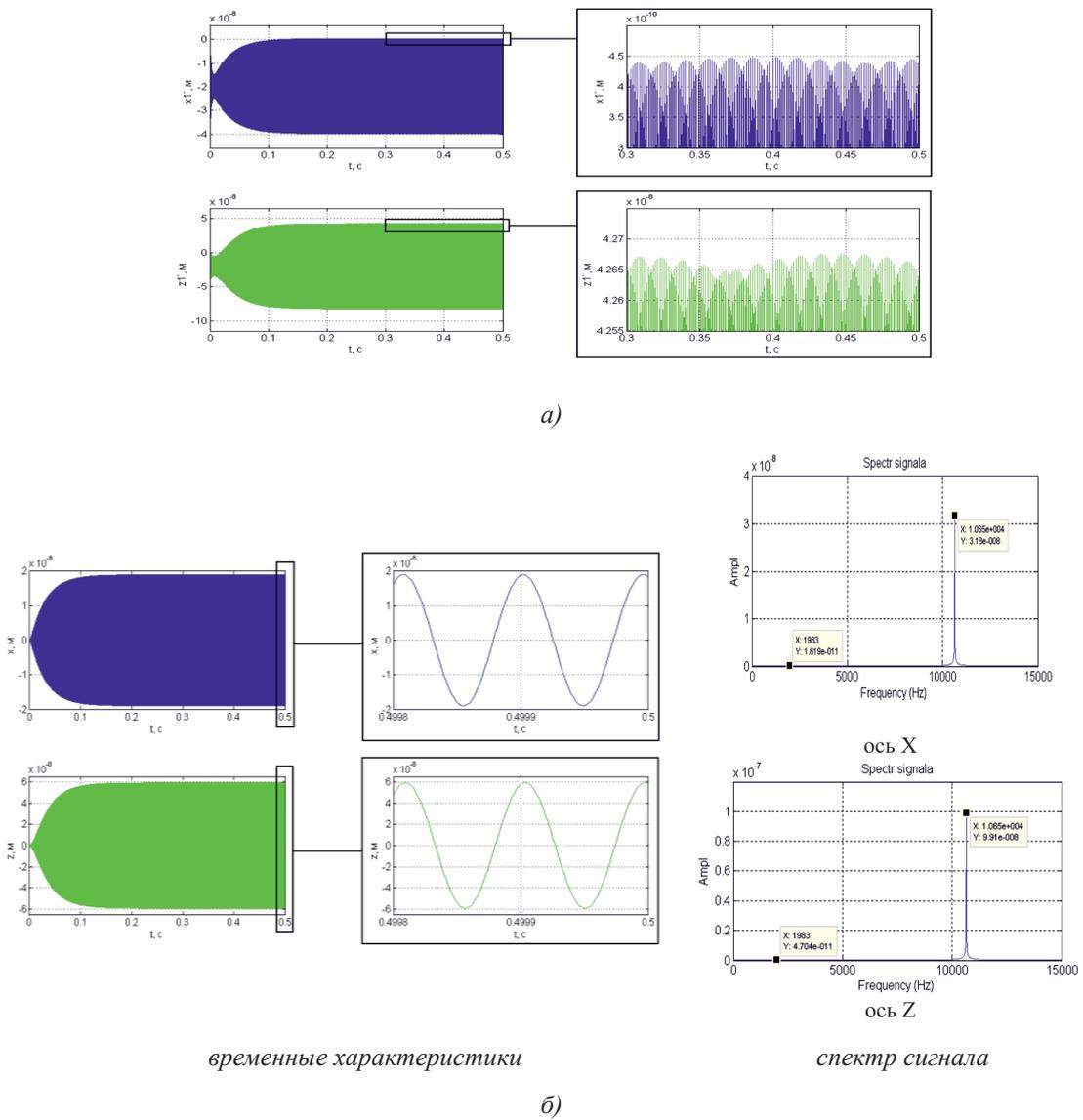


Рис. 5. а) колебания гироскопа по информативным осям при различии их собственных частот на 0,05%, б) алгоритм определения угловой скорости при вибрации

В спектре всех вторичных колебаний имеются две гармоники – основная с частотой возбуждения первичных колебаний и дополнительная с частотой вибрации $f = 2$ кГц. Амплитуда в спектре на рисунках является не нормированной величиной, а относительной.

Частота информативных колебаний микрогироскопа в пять раз больше максимальной частоты вибрации, следовательно, вибрационную помеху с частотой вибрации можно уменьшить при обработке выходных сигналов. Все собственные частоты гироскопа лежат за пределами диапазона частот вибрации, и резонансного усиления вибрационного воздействия в гироскопе не происходит.

Суммарные колебания $(x_1 - x_1')$ и $(z_1 - z_1')$, по которым определяются угловые скорости (рис. 4), вибрационных колебаний не содержат.

Алгоритм определения угловой скорости идеально компенсирует гармоническую составляющую действующей вибрации (рис. 4), оставляя в спектре выходного сигнала лишь информативную составляющую с частотой первичных колебаний, которая и определяет измеряемую угловую скорость.

Все результаты моделирования получены при условии идентичности параметров информативных каналов. Однако за счёт технологического процесса изготовления различие параметров информативных каналов может достигать 1%. Кроме того, изменение параметров гироскопа происходит и в результате изменения температуры. Рассмотрим работу алгоритмов определения угловой скорости при различии параметров информативных каналов. Пусть собственные частоты вторичных колебаний различаются на 0,05%, что составляет 5 Гц.

В спектрах вторичных колебаний гироскопа присутствуют: гармоника вибрации и гармоника частоты возбуждения первичного канала (основная частота вторичных колебаний) (рис. 5, а). Алгоритм работает

практически так же, как и при совпадении частот вторичных каналов. Составляющие, обусловленные постоянным ускорением, компенсируются. В спектре суммарного сигнала вторичных колебаний гироскопа осталась гармоника вибрационного воздействия, хотя ее амплитуда мала по сравнению с амплитудой информативных колебаний и ей можно пренебречь (рис. 5, б).

Заключение

Поступательная вибрация основания вызывает колебания гироскопа с частотой вибрации, которые накладываются на информативные колебания. Применение антифазных первичных колебаний гироскопа позволяет уменьшить в выходной информации влияние вибрационных колебаний. Собственные частоты гироскопа превышают частотный диапазон вибрационного воздействия, что исключает возможность возникновения резонансов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-37-50014 «мол_нр».

Список литературы

1. Сысоева С. Тенденции рынка High-end МЭМС-датчиков инерции. Новые уровни характеристик и исполнения // Компоненты и технологии. 2014. № 6. С. 25–30.
2. Гольцова М.М., Юдинцев В.А. МЭМС: большие рынки малых устройств // Нано- и микросистемная техника. 2008. № 4. С. 9–13.
3. Сысоева С. Мир МЭМС. Дальнейшая конвергенция датчиков движения и смежных технологий на массовых рынках // Компоненты и технологии. 2011. № 6. С. 23–32.
4. InvenSense [Электронный ресурс]. URL: <http://www.invensense.com> (дата обращения: 07.09.2018).
5. AnalogDevices [Электронный ресурс]. URL: <http://www.analog.com> (дата обращения: 07.09.2018).
6. STMicroelectronics [Электронный ресурс]. URL: <http://www.st.com> (дата обращения: 07.09.2018).
7. Colibrys [Электронный ресурс]. URL: <http://www.colibrys.com> (дата обращения: 07.09.2018).
8. BoshSensortec [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bosch-sensortec.com> (дата обращения: 07.09.2018).
9. Барбин Е.С. Динамика многокомпонентного микромеханического гироскопа-акселерометра с развязывающими рамками: дис. ... канд. техн. наук: 05.27.01. Томск, 2016. 188 с.

УДК 004.93'1

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

Ляшов М.В., Береза А.Н., Бабаев А.М., Коцюбинская С.А.

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ,
Шахты, e-mail: max185@mail.ru*

Данная статья посвящена разработанной нейросетевой системе отслеживания объектов в видеопотоке. Предлагаемый алгоритм позволяет в режиме реального времени определять местоположение целевого объекта в текущем кадре видеопотока. Для отслеживания системе достаточно предоставить текущий и предыдущий кадры видео, а также положение целевого объекта на предыдущем кадре. Система предварительно не обучена для отслеживания определенного объекта – целевой объект определяется при запуске системы. Для повышения точности и надежности системы были использованы как методы отслеживания объектов, так и методы распознавания образов. Оценка смещения объекта от кадра к кадру была реализована на основе метода Лукаса – Канаде и медианного фильтра. Распознавание объекта осуществляется с помощью сверточной нейронной сети, в частности, архитектуры MobileNet. В работе приведены результаты экспериментальных исследований на основе четырех видеофайлов. Итоги экспериментов говорят о том, что предлагаемая комбинация технологий распознавания и отслеживания объектов позволяет решить проблему потери целевого объекта при его исчезновении или частичном перекрытии другим объектом. Кроме того, разработанный алгоритм инвариантен по отношению к форме объекта и изменению освещенности среды.

Ключевые слова: распознавание образов, отслеживание объектов, компьютерное зрение, оптический поток, сверточные нейронные сети, OpenCV, Tensorflow

OBJECT TRACKING AND RECOGNITION SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORK IN A VIDEO STREAM

Lyashov M.V., Bereza A.N., Babaev A.M., Kotsyubinskaya S.A.

*Institute of Service and Business (branch) Don State Technical University,
Shakhty, e-mail: max185@mail.ru*

This article is devoted to the development of a neural network tracking system of objects in a video stream. The proposed algorithm allows to define a location of a target object in the current shot of a video stream in real time mode. It is enough for the tracking to provide system with current and previous shots of the video and also a location of the target object on the previous shot. The system is not previously trained for tracking a certain object – a target object is determined at launch of the system. To increase the correctness and the reliability of the system both the methods of object's tracking and methods of pattern recognition were used. Object shift assessment was realized on the Lucas–Kanade method and the median filter. Object recognition is performed using a convolutional neural network, in particular, by the MobileNet architecture. The paper presents the results of experimental studies based on four video files. The results of the experiments show that the proposed combination of the technologies of object recognition and tracking allows solving the problem of loss of the target at object disappearance or partial overlapping by another object. Moreover, the developed algorithm is invariant in relation to the form of an object and the change of the intensity of environmental illumination.

Keywords: object recognition, object tracking, computer vision, optical flow, convolutional neural network, OpenCV, Tensorflow

В эпоху больших данных бурный рост переживает область компьютерного зрения. Компьютерное зрение позволяет решать различные задачи, одной из которых является отслеживание движущихся объектов в видеопотоке.

Главными требованиями к системам отслеживания объектов в видеопотоке являются: высокая точность обнаружения перемещений объекта и возможность обработки последовательности кадров в режиме реального времени (более 10 кадров в секунду).

В данной работе представлена интеллектуальная система отслеживания произвольных объектов в видеопотоке. Разработанная система не является предварительно обученной для отслеживания каких-либо конкретных объектов, а позволяет определять целевой объект при запуске.

Цель исследования заключалась в разработке алгоритма отслеживания объектов в видеопотоке, инвариантного по отношению к свойствам объекта (цвет, форма и т.д.) и среды (например, освещение). Также в работе алгоритма учтены возможные потери отслеживаемого объекта вследствие его выхода из поля зрения камеры или перекрытия другим объектом. В этом случае отслеживаемый объект может быть повторно обнаружен автоматически.

Современные методы отслеживания объектов в видеопотоке. Наиболее популярными методами отслеживания объектов в видеопотоке являются алгоритмы:

1. Online Boosting Tracker [1] – один из первых алгоритмов отслеживания объектов, имеющий высокую точность отслеживания. Основан на онлайн-версии алгоритма

AdaBoost, использующего для поиска объекта каскад Хаара.

2. MIL Tracker (Multiple Instance Learning Tracker) [2] является развитием идеи обучения с учителем и алгоритма Online Boosting Tracker. Основное отличие заключается в том, что в данном случае в качестве положительного примера рассматривается не только текущее местоположение объекта, но и другие области, содержащие его.

3. KCF Tracker (Kernelized Correlation Filters Tracker) [3] – KCF основывается на идеях двух предыдущих алгоритмов, однако за счет использования математических свойств перекрывающихся областей положительных примеров происходит значительное увеличение быстродействия при более простой реализации.

Недостатком описанных выше методов является неспособность повторного обнаружения объекта в случае его потери.

Предлагаемое решение. Разработанный алгоритм обеспечивает возможность отслеживания передвижений объекта в видеопотоке при его потере из-за перекрытия другим объектом или исчезновения из поля зрения камеры. Расположение объекта на изображении задается ограничительным окном – это прямоугольная область, содержащая фрагмент изображения с отслеживаемым объектом.

В качестве входной информации алгоритму необходимо предоставить текущий кадр видеопотока и ограничительное окно на предыдущем кадре. На выходе алгоритма будут получены координаты ограничительного окна, соответствующего положению объекта на текущем кадре видеопотока.

Блок-схема интеллектуальной системы отслеживания объектов в видеопотоке представлена на рис. 1.

Система включает четыре компонента:

1. Алгоритм отслеживания (трекер) позволяет оценивать смещение ограничи-

тельного окна от предыдущего кадра к текущему кадру. Он адаптивен к небольшим изменениям освещения и внешнего вида объекта. При этом предполагается, что данный компонент может ошибаться в случае частичного или полного перекрытия отслеживаемого объекта. Исходя из этого требуется дополнительный компонент, корректирующий работу алгоритма отслеживания.

2. Алгоритм распознавания (детектор) является корректирующим компонентом системы. Его работа не зависит от перекрытия или исчезновения объекта. Детектор обнаруживает объект при его появлении в кадре и при необходимости корректирует или повторно инициализирует трекер, работая с ним параллельно. Для повышения точности детектора после каждого кадра необходимо обновлять его знания об отслеживаемом объекте и об объектах, расположенных на фоне.

3. Объединение результатов предоставляет обобщенный вариант ограничительного окна, полученный на основе результатов детектора и трекера. Если ни трекер, ни детектор не выдают ограничительных окон, то считается, что объект потерян. В противном случае для каждого из ответов на основе НСС вычисляется параметр, который определяет величину подобия ограничительного окна и положительных примеров обучающей выборки (описано ниже). Система возвращает то ограничительное окно, которое обладает наибольшим значением этого параметра.

4. Алгоритм обучения – это компонент, который выполняет обучение детектора для достижения более высокой точности. На каждой итерации алгоритма обучение анализирует выход трекера и детектора, оценивает ошибки, совершаемые детектором, и обновляет детектор, чтобы избежать этих ошибок в будущем.

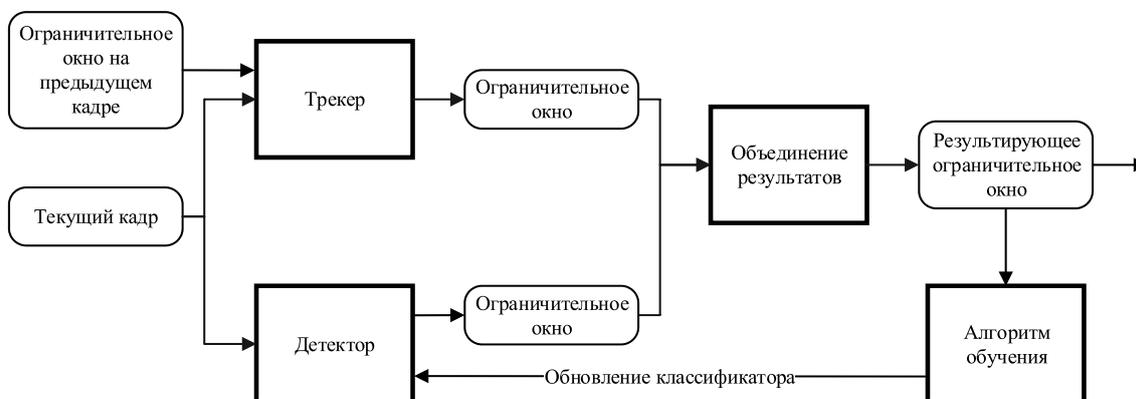


Рис. 1. Блок-схема системы

Для оценки смещения объекта между кадрами были протестированы следующие алгоритмы: фильтр Калмана, алгоритм сдвига среднего (Mean-Shift) [4], алгоритм непрерывно адаптирующегося сдвига (CamShift) [5], алгоритм Лукаса – Канаде (Lucas-Kanade) [6]. При анализе особое внимание уделялось вычислительной сложности алгоритмов, а также тому, насколько эффективно они работают в условиях меняющегося размера, больших сдвигов и частичного перекрытия объекта. По результатам тестирования выбор был сделан в пользу метода Лукаса – Канаде в его пирамидальном варианте, который является компромиссом в отношении быстродействия и надежности.

При использовании метода Лукаса – Канаде в большинстве случаев имеются ошибочно найденные точки. Их количество зависит от величины смещения и изменения условий среды между кадрами. Для отсеивания

ошибочных точек может быть применена двухуровневая фильтрация, использованная в алгоритме медианного потока (Median-Flow tracker) [7].

На первом уровне выполняется фильтрация на основе нормализованной корреляции (Normalized-Cross Correlation, далее – NCC), которая является одним из компонентов технологии сопоставления шаблона. Сопоставление шаблона позволяет обнаружить местоположение некоторого изображения-шаблона T с размерностью $w \times h$ на исходном изображении I с размерностью $W \times H$. Для этого T путем вычисления NCC последовательно сравнивается с каждым фрагментом I , имеющим размерность $w \times h$. На выходе будет получено изображение в градациях серого R с размерностью $(W - w + 1) \times (H - h + 1)$, где яркость каждого пикселя $R(x, y)$ указывает на сходство его окрестности с шаблоном. Значение яркости $R(x, y)$ определяется следующей метрикой:

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} [T(x', y') - \bar{T}_{x, y}] * [I(x + x', y + y') - \bar{I}_{x, y}]}{\sqrt{\sum_{x', y'} [T(x', y') - \bar{T}_{x, y}]^2 * \sum_{x', y'} [I(x + x', y + y') - \bar{I}_{x, y}]^2}},$$

где $\bar{T}_{x, y}$ – среднее значение яркости для шаблона;

$\bar{I}_{x, y}$ – среднее значение яркости для текущего фрагмента исходного изображения.

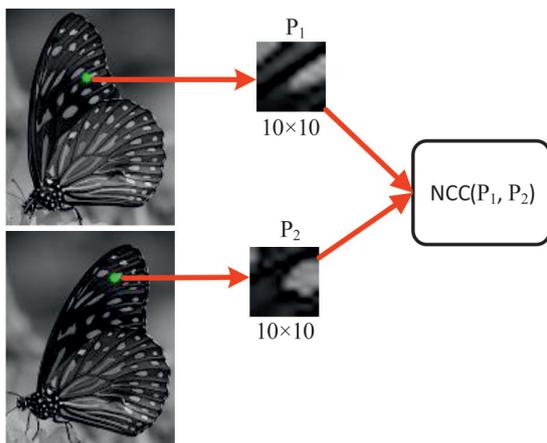


Рис. 2. Сравнение окрестностей ключевых точек путем вычисления NCC

Для фильтрации точек отслеживания используется частный случай NCC, когда размерности T и I совпадают. Для всех точек на предыдущем и следующем кадрах формируются изображения размером 10×10 пик-

селей с центром в ключевой точке. Далее полученные изображения для соответствующих точек попарно сравниваются посредством вычисления NCC. Описанный процесс проиллюстрирован на рис. 2. После вычисления NCC для всех пар точек смежных кадров выполняется следующая фильтрация точек:

1. Находится медианное значение последовательности значений NCC для всех пар точек.

2. Точки, для которых значение нормализованной корреляции оказалось меньше медианного значения, будут отброшены.

Итоговая схема одной итерации алгоритма отслеживания движения объектов приведена на рис. 3.

Распознавание объектов с помощью свёрточной нейронной сети. Для выполнения распознавания объектов в видеопотоке выбор был сделан в пользу современных архитектур свёрточных нейронных сетей. СНС позволяют распознавать изображения с точностью, значительно превосходящей точность других методов классификации изображений [8, 9].

В ходе выполнения работы были проанализированы наиболее популярные современные архитектуры свёрточных нейронных сетей, применяемые в задачах классификации изображений [10–12] (табл. 1).

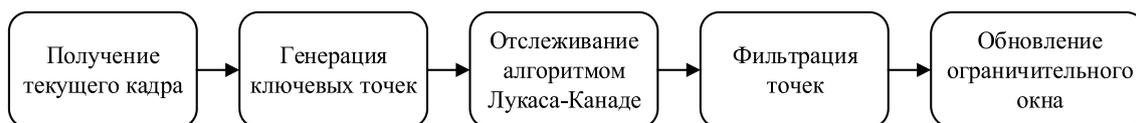


Рис. 3. Одна итерация алгоритма отслеживания движения объектов

Таблица 1

Популярные архитектуры свёрточных нейронных сетей

	AlexNet	VGG Net	Google GoogLeNet	ResNet	MobileNet
Год	2012	2014	2014	2015	2017
Кол-во слоев	8	16	22	152	102
Кол-во параметров, млн	60	138	5	60	5
Точность, %	84,7	92,7	93,33	96,4	87,3
FPS	5	7	19	11	до 450

Таблица 2

Описание тестовых видеофайлов

Название	Количество кадров	Движение камеры	Перекрытие	Полное исчезновение	Изменение размера объекта
Jumping	313	Да	Нет	Нет	Нет
Box	1161	Нет	Да	Нет	Нет
Motocross	2665	Да	Да	Да	Да
Car Chase	9928	Да	Да	Да	Да

Одним из последних решений в сфере распознавания образов является семейство сетей MobileNets [12], которые были предложены компанией Google в 2017 г. Они предназначены для решения задач компьютерного зрения на мобильных устройствах, то есть устройствах с малым объемом памяти и вычислительных ресурсов. MobileNet проигрывают представителям семейства сетей ResNet и Inception в плане точности классификации. Однако MobileNet имеет малые задержки (частота обработки кадров видеопотока может достигать 450 кадров в секунду) при обработке одного изображения и небольшие требования к ресурсам устройства, вследствие чего данная архитектура была выбрана в качестве основы построения детектора в разрабатываемой системе отслеживания объектов.

Экспериментальные исследования. Для реализации системы был выбран язык программирования Python а также библиотеки OpenCV и TensorFlow. В качестве аппаратной платформы для построения и тестирования разрабатываемой системы был выбран персональный компьютер

с графической картой GeForce GTX 1080 Ti и установленным программным обеспечением CUDA и cuDNN. Это позволило достичь значительного ускорения работы нейронной сети MobileNet и получить систему, работающую в режиме реального времени.

Для проведения испытаний использовались четыре видеофайла: Jumping, Box, Motocross и Car Chase (табл. 2) [7].

Для оценки качества работы предлагаемого алгоритма было проведено его сравнение с алгоритмами Online Boosting Track, MIL Tracker и KCF Tracker. Использовались следующие критерии:

1. Скорость работы алгоритма, измеряемая как кадровая частота в количестве кадров, обработанных за секунду (Frames per Second, далее FPS).

2. Точность, вычисляемая на основе количества успешно распознанных кадров, когда ограничительное окно покрывает более 50% объекта. Кадры, на которых отслеживаемый объект не присутствовал, не учитывались.

Результаты тестирования приведены на рис. 4.

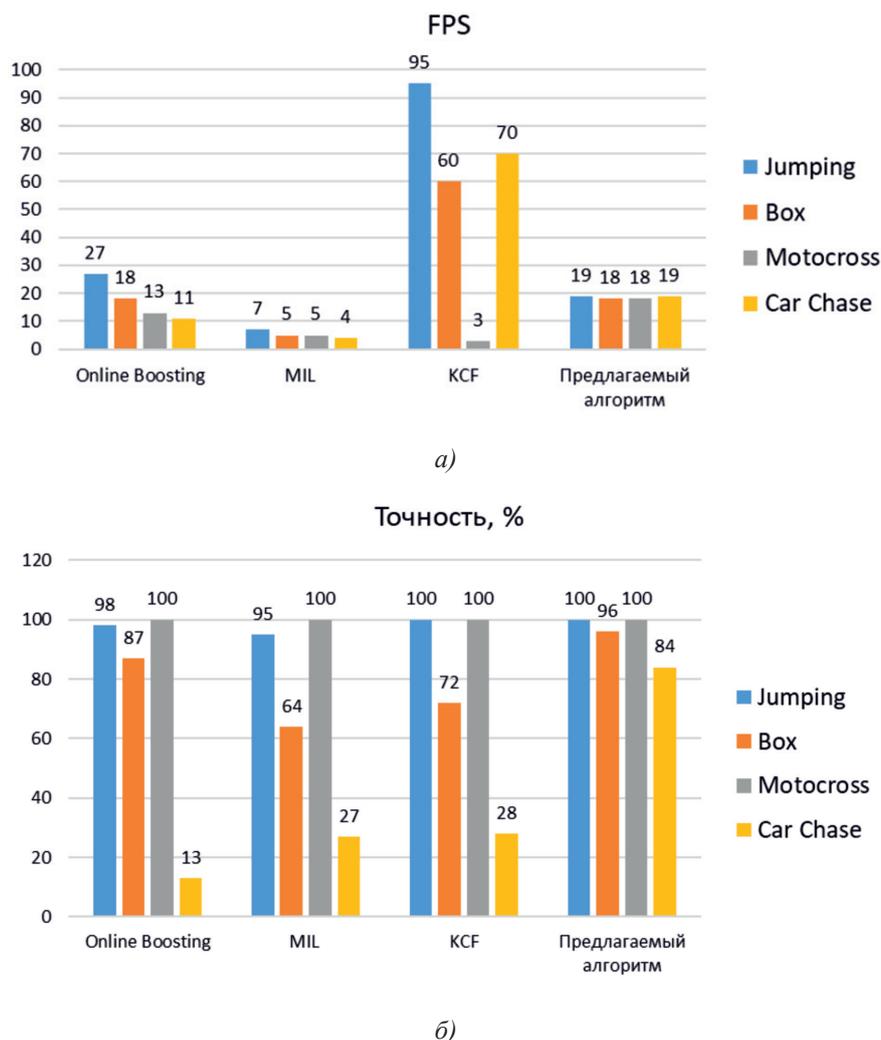


Рис. 4. Результаты сравнения предлагаемого алгоритма отслеживания объектов в видеопотоке и современных методов: а) количество кадров в секунду (FPS); б) точность отслеживания объекта

По результатам исследований можно сделать вывод, что предложенный в данной работе алгоритм не уступает аналогам в плане точности отслеживания объекта, а в некоторых случаях и превосходит их. Это во многом объясняется тем, что разработанная технология отслеживания объектов включает в себя детектор, который позволяет повторно инициализировать трекер в случае потери объекта. Кроме того, алгоритм показал стабильный показатель скорости обработки видеопотока, который в незначительной мере зависит от размера отслеживаемого объекта.

Выводы

В данной работе была описана система реального времени для отслеживания объекта в видеопотоке. Система показала высокие

результаты распознавания одного объекта на кадрах видеофайлов при использовании графических карт. Дальнейшая работа будет направлена на повышение точности и надежности работы системы, а также на увеличение скорости обработки видеопотока и обеспечения возможности одновременного отслеживания нескольких объектов.

Работа выполняется при поддержке РФФИ (проекты № 17-07-01323, № 18-07-01054).

Список литературы

1. Grabner H., Grabner M., Bischof H. Real-time Tracking via On-line Boosting. In Proceedings British Machine Vision Conference (BMVC). 2006. vol. 1. P. 47–56.
2. Babenko B. Visual Tracking with Online Multiple Instance Learning. Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2009. IEEE Conference. 2009. P. 101–108.

3. Henriques, J. F. High-Speed Tracking with Kernelized Correlation Filters. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 2015. P. 301–314.
4. Dorin Comaniciu and Peter Meer. Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis. *IEEE Trans. Intell.* 2002. P. 603–619.
5. Shujun Yao, Xiaodong Chen, Sen Wang, Zhihai Jiao, Yi Wang. Camshift algorithm -based moving target recognition and tracking system. *IEEE International Conference on Virtual Environments Human-Computer Interfaces and Measurement Systems (VECIMS) Proceedings*. 2012. P. 513–529.
6. Fleet D.J., Weiss Y. Optical flow estimation. *Handbook of Mathematical Models in Computer Vision*. 2005. P. 237–257.
7. Kalal Z., Mikołajczyk K., Matas J. Forward-Backward Error: Automatic Detection of Tracking Failures. *International Conference on Pattern Recognition In International Conference on Pattern Recognition*. 2010. P. 23–26.
8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning*. The MIT Press, 2016. 800 p.
9. Simonyan K. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. *ICLR 2014*. P. 587–601.
10. Szegedy C. Going deeper with convolutions. *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE Conference*. 2015. P. 488–502.
11. He K. Deep Residual Learning for Image Recognition. *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), IEEE Conference*. 2016. P. 770–778.
12. Howard A.G. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. *ArXiv*. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1704.04861> (дата обращения: 17.10.2018).

УДК 004:681.5

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Малахов Н.А., Жигулёвцев Ю.Н.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Москва, e-mail: malna@bmstu.ru, specon@bmstu.ru

Статья посвящена структурно-параметрическим методам моделирования динамических объектов. Показано, что необходимость повышения вычислительного быстродействия при работе в реальном масштабе времени требует новых подходов для решения задач систем управления, в том числе и к необходимости использования нетрадиционных форм дифференциальных уравнений интегрируемой системы. Рассмотрены существующие методы формирования цифровых моделей, адекватных эталонным непрерывным аналогам: формула свёртки, многомерное моделирование, их достоинства и недостатки. Представлено использование модификации М-метода – метод многомерного параметрического моделирования. С целью ускорения и упрощения процесса моделирования динамических систем разработано и протестировано алгоритмическое и программное обеспечение структурно-параметрического метода цифрового моделирования. Полученные результаты применимы к рекуррентному численному решению линейных стационарных, нестационарных, а также нелинейных, дифференциальных уравнений. Приведен пример реализации метода многомерного параметрического моделирования с помощью разработанного программного обеспечения. Тестовые испытания предложенного программного обеспечения показали, что скорость процесса моделирования возросла по сравнению со стандартными алгоритмами, которые применяются в подобных расчетах, без потери качества и точности моделирования. Сделан вывод о том, что данные алгоритмы являются пригодными для расчетов и обработки сигналов в системах реального времени.

Ключевые слова: динамические объекты, цифровое моделирование, дискретные цифровые системы, фундаментальные матрицы, системы дифференциальных уравнений, формула Коши, аналитико-числовые компьютерные технологии

STRUCTURAL AND PARAMETRIC MODELING OF DYNAMIC OBJECTS AND CONTROL SYSTEMS IN REAL TIME

Malakhov N.A., Zhigulevtsev Yu.N.

Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», BMSTU, Moscow, e-mail: malna@bmstu.ru, specon@bmstu.ru

The article is devoted to structural-parametric methods for modeling dynamic objects. It is shown that the need to increase computational speed when working in real time requires new approaches to solve problems of control systems, including the need to use innovative forms of differential equations of an integrable system. Instead of the traditional normal form of the differential equations of a dynamic object, it is proposed to represent it by a compound of computationally realizable links. The existing methods for the formation of digital models that are adequate to the reference continuous analogs are considered: the convolution formula, multidimensional modeling, their advantages and disadvantages. The use of the M-method modification is presented – the method of multidimensional parametric modeling. In order to speed up and simplify the process of modeling dynamic systems, algorithmic and software of a structural-parametric method of digital modeling has been developed and tested. The results obtained are applicable to the recurrent numerical solution of linear stationary, non-stationary, as well as nonlinear, differential equations. An example of the implementation of the method of multidimensional parametric modeling using the developed software is given. Test tests of the proposed software have shown that the speed of the modeling process has increased in comparison with standard algorithms that are used in such calculations, without loss of quality and accuracy of modeling. It is concluded that these algorithms are suitable for calculations and signal processing in real-time systems.

Keywords: dynamic object, discrete digital systems, digital modeling, fundamental matrices, systems of differential equations, Cauchy formula, analytical and numerical computer technologies

Управление в современных машиностроительных и технологических агрегатах, а также приборостроительных и специальных системах сопряжено с необходимостью компьютерной переработки информации в реальном времени [1]. Причиной является необходимость создания цифровых встраиваемых блоков, которые функционируют в совокупности с техническими устройствами системы, получая и выдавая реальные физические сигналы. По существу, эти

блоки служат неотъемлемыми частями системы и могут рассматриваться как особые её конструктивные элементы.

Современным инструментом и базой моделирования сложных динамических систем служат не только известные языки программирования «высокого» уровня, но и сравнительно недавно разработанные «символьные математические» языки, или, как их часто называют, системы компьютерной алгебры (математики) [2]. Их можно считать основой, так

называемых аналитико-числовых компьютерных технологий (АЧКТ). Универсальные языки высокого уровня послужили базой для автоматизации компьютерной арифметики. Системы АЧКТ являются инструментом для автоматизации символьных (формульных) математических преобразований. Подобные работы традиционно считались предметом только научных исследований, однако практика показывает, что в настоящее время без использования таких средств не могут производиться качественные и глубокие инженерные работы. Это со всей очевидностью проявляется на примерах задач управления, а конкретнее в задачах создания цифровых моделей для встраиваемых в системы управления динамических блоков [3, 4].

Требования повышенного вычислительного быстродействия практически исключили возможность применения известных и популярных методов численного интегрирования дифференциальных уравнений (одношаговых и многошаговых) из-за малого шага дискретности по времени, что приводит к необходимости использования нетрадиционных форм дифференциальных уравнений интегрируемой системы [5].

Предложено вместо традиционной нормальной формы дифференциальных уравнений динамического объекта представлять его соединением вычислительно реализуемых звеньев, названных базовыми звеньями или базовыми блоками [6]. Вычислительно реализуемым звеном назовём блок с передаточной функцией с совпадающими порядками числителя и знаменателя. Естественно, что в их число входят и физически реализуемые блоки, где порядки знаменателя меньше, чем порядки числителя. Соединение блоков может быть последовательным, параллельным или смешанным. Подобное построение системы позволяет проводить её моделирование последовательно во времени, то есть поблочно.

Методы формирования цифровых моделей, адекватных эталонным непрерывным аналогам

Широкое распространение в настоящее время получило использование известной формулы свёртки для реализации цифрового аналога путём «взвешивания» прошлых значений внешних воздействий и откликов на них. Подход апробирован и вполне применим при реализации сравнительно простых динамических преобразований (цифровые фильтры нижних или верхних частот невысокого порядка). Однако здесь имеют место весьма существенные методические и вычислительные ошибки.

Ранее был предложен альтернативный подход многомерного моделирования,

(М-моделирование) [6, 7], в котором используется формула Коши, позволяющая на каждой итерации (реализации внешнего воздействия) определить новое начальное состояние. Таким образом, результат моделирования становится инвариантен временному шагу итерации. Здесь вводятся понятия М-характеристик: М-характеристиками будем называть матрицу, вектор-столбец и вектор-строку дискретной многомерной модели динамической системы [6]. Эти объекты и обеспечивают формирование рекуррентного процесса моделирования.

Однако формула Коши применима только для линейных (стационарных и нестационарных) систем, причём в нестационарном случае М-характеристики не выражаются в элементарных функциях, что существенно усложняет задачу [8]. Поэтому метод М-моделирования был развит применительно к стационарным линейным системам. Были разработаны способы и алгоритмы преобразования скалярных и векторных уравнений в систему уравнений состояния, используя форму Фробениуса для матрицы состояния и предложенную автором альтернативную форму на базе широко известного в теории управления понятия типовых звеньев.

Если в первом случае переменными состояния является фазовый вектор выходной переменной, то во втором – собственные движения типовых инерционных звеньев. Первый вариант даёт наглядное (физическое) представление о векторе состояния (выходная переменная и её производные), второй – сопряжён с менее наглядной формой переменных состояния, но ведёт к более простой структуре матрицы системы уравнений (квазидиагональной), что значительно упрощает построение фундаментальной матрицы, а затем и определение всех М-характеристик дискретной цифровой модели.

Недостаток изложенного метода М-моделирования заключается в трудностях его применения к нелинейным и нестационарным системам [9]. Эти сложности и подтолкнули к следующей модификации М-метода: метод многомерного параметрического моделирования (МП-моделирования) [6, 10].

Метод многомерного параметрического моделирования

Основной задачей является стремление сделать М-характеристики параметрическими, чтобы учесть зависимость их от времени (нестационарность) и от состояния (нелинейность). Причём так, чтобы время и состояние входили в соответствующие матрицы явно и позволяли путём подстановки нужного числового значения параметра, меняющегося на каждом шаге, своевременно

подстроить матрицы дискретной модели путём замены переменных. Известные математические и ресурсные ограничения не позволяют распространить подход на системы произвольного порядка, однако свойства динамических систем, допускающие структурную декомпозицию «большой» системы на более «мелкие», менее связанные, обеспечивают разрешимость задачи.

В настоящей работе предложено предварительно формировать характеристики цифровой М-модели в виде параметрических (аналитических) выражений, которые, используя структурные разложения сложного аналога, могут быть помещены в память ЭВМ в виде параметрических откликов. Рассмотренный подход назван многомерным параметрическим моделированием (МП-моделированием).

Практически важным для реализации МП-моделирования является выбор минимальных и достаточных структурных единиц, для которых будут создаваться параметрические отклики (параметрические М-характеристики) [6]. По нашему мнению, целесообразно использовать метод типовых звеньев для структурирования динамических систем при дискретном моделировании. Но среди типовых звеньев существуют физически нереализуемые, которые, однако, должны войти в число базовых структур. Для этого в состав базовых структур следует включить все инерционные звенья (интегрирующее, аperiodическое, двукратное аperiodическое – с двукратным действительным полюсом, колебательное), а также объединённое их сочетание с физически нереали-

зуемыми звеньями. Таким образом, в список базовых структур войдут блоки дробно-рациональных передаточных функций не выше второго порядка включительно, которые мы называем вычислительно реализуемыми, т.е. допускается равенство порядков числителя и знаменателя передаточной функции.

Для каждого базового блока были сформированы МП-характеристики. Каждый блок имеет свои входной и выходной сигналы, с помощью которых они объединяются между собой. Причём объединение этих структурных единиц в передаточную функцию системы высокого порядка может производиться последовательно, параллельно или с помощью местных обратных связей.

Далее вычисления могут проводиться как с использованием матриц высокого порядка, соответствующих максимальному порядку моделируемой системы, так и поэтапно с матрицами меньшей размерности [6].

Для каждой типовой структурной единицы необходимо заранее заготовить её дискретные характеристики (М-характеристики) в параметрическом виде, т.е. функции ограниченного числа переменных. Практика показывает, что характер вхождения параметров звеньев в МП-характеристики весьма сложен, однако он всегда может быть выражен в элементарных функциях. Небольшое количество параметров типовых и присоединённых звеньев делают указанную задачу выполнимой, а итоговые формулы сравнительно несложными и обзримыми.

В результате для аналоговых прототипов (слева) получаются рекуррентные процессы (справа):

$$\frac{d\bar{x}(t)}{dt} = f(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \Rightarrow \bar{x}[k+1] = f(\bar{x}[k], \bar{u}[k]),$$

$$\frac{d\bar{x}(t)}{dt} = A(t)\bar{x}(t) + B(t)\bar{u}(t) \Rightarrow \bar{x}[k+1] = A[k]\bar{x}[k] + B[k]\bar{u}[k],$$

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = A\bar{x}(t) + B\bar{u}(t) \Rightarrow \bar{x}[k+1] = A\bar{x}[k] + B\bar{u}[k].$$

В качестве примера возьмем параметрические выражения для матриц дискретной модели колебательного звена. Для упрощения формул понадобилось ввести другие параметры r и w_0 для действительной и мнимой частей полюса вместо общепринятых [1].

Матрицы параметрической цифровой модели:

$$Ad_p = \begin{bmatrix} \frac{(-r \sin(w_0 dd) + w_0 \cos(w_0 dd))e^{(r dd)}}{w_0} & \frac{\sin(w_0 dd)e^{(r dd)}}{w_0} \\ \frac{(-r^2 \sin(w_0 dd) - w_0^2 \sin(w_0 dd))e^{(r dd)}}{w_0} & \frac{(r \sin(w_0 dd) + w_0 \cos(w_0 dd))}{w_0} \end{bmatrix},$$

где Ad_p – переходная матрица, Bd_p – матрица входа, dd – длина шага дискретности по времени.

Реализация метода МП-моделирования

На данный момент для разработки и моделирования технических систем обычно используются специализированные программные среды (Matlab, Vissim) либо математические пакеты общего назначения (MathCad, Maple и другие), которые имеют ряд недостатков, проявляющихся вместе либо по отдельности. Основными являются следующие:

- использование стандартных методов численного интегрирования (Рунге – Кутты и др.) без возможности включения других;
- программное обеспечение не позволяет модифицировать алгоритмы;
- ограничены возможности (или отсутствие возможностей) подключения внешних устройств для моделирования сигналов в реальном масштабе времени.

Для апробации и определения эффективности моделирования и оценки полученных результатов потребовалось создание специализированного программного обеспечения (ПО), которое было реализовано на языке программирования высокого уровня Python 3 с помощью свободных программных библиотек PySide (интерфейс пользователя) и Matplotlib (визуализация результатов моделирования).

Данное ПО обеспечивает реализацию следующих функций:

- 1) привычный для большинства пользователей графический интерфейс (например, Matlab Simulink), ставший стандартом в области моделирования систем;
- 2) использование типовых графических примитивов из библиотеки вычислитель-

но реализуемых звеньев для объединения в цельную систему;

3) возможность задавания конкретных параметров как для отдельного звена, так и для всей модели;

4) возможность моделирования отклика системы на реальный сигнал, поступающий напрямую со звукового входа персонального компьютера (ПК), либо отклика на программно генерируемые сигналы (гармонические воздействия разной формы, функция Хевисайда);

5) графическое отображение текущего состояния системы в нескольких точках, заданных пользователем;

6) кроссплатформенность программного обеспечения (от Windows 7, до ОС Linux).

Пример использования ПО представлен на рис. 1. Исходными данными является передаточная функция, которая раскладывается на ряд последовательно соединенных стандартных вычислительно реализуемых звеньев из библиотеки, представленной в системе. Далее происходит ввод полученной последовательности звеньев в графическом виде и задание их параметров. Ко входу системы программно подключается звуковая карта, либо виртуальные воздействия, а с контрольных точек снимается цифровой отклик и отображается на графиках.

На рис. 1 показано моделирование трех колебательных звеньев с различными параметрами, подключенных к одному задающему сигналу, а на рис. 2 – результаты моделирования.

В качестве примера реального использования и исследования характеристик созданного ПО рассмотрена задача коррекции свойств неустойчивой системы.

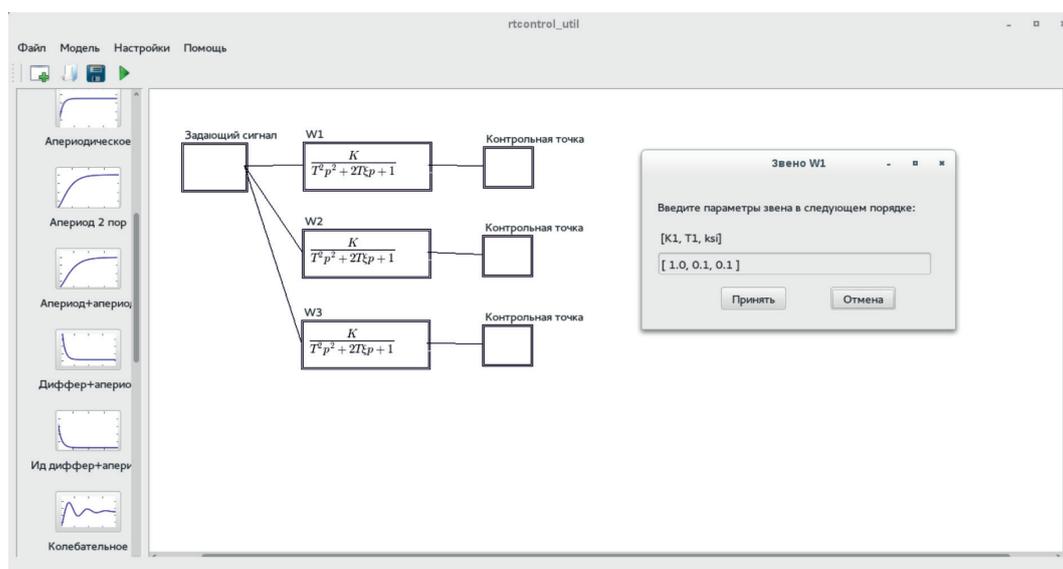


Рис. 1. Задание параметров моделируемой системы средствами разработанного ПО

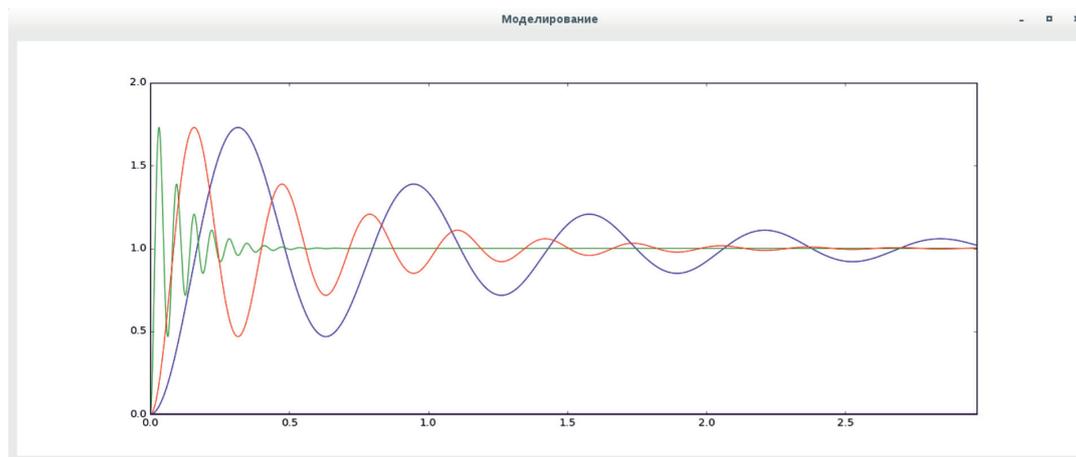


Рис. 2. Результаты моделирования колебательного звена с различными параметрами

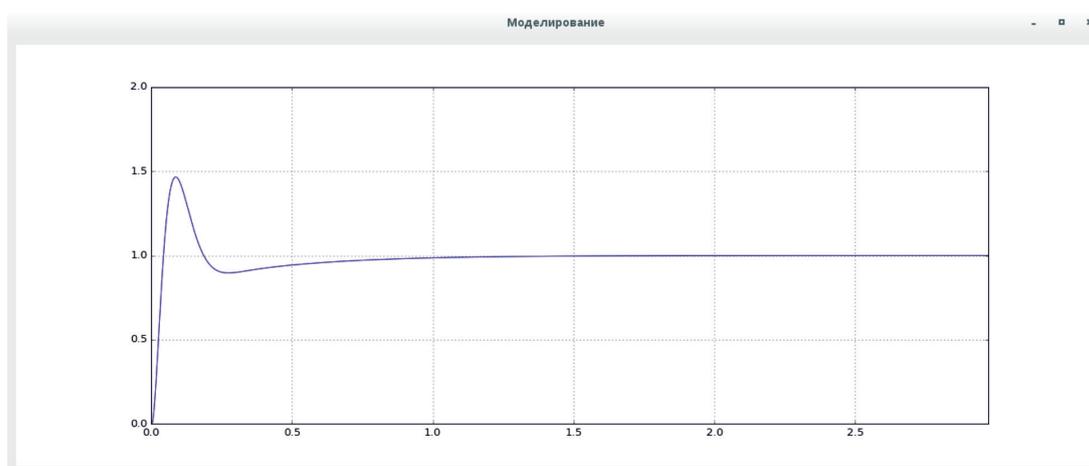


Рис. 3. График переходного процесса в скорректированной нереализуемой замкнутой системе

Исходная система состоит из четырех типовых последовательных звеньев – идеального усилительного, идеального интегрирующего, апериодического и колебательного. Ее передаточная функция имеет вид

$$W = \frac{K}{s(T_a s + 1)(T_k^2 s^2 - 2T_k \xi s + 1)}$$

Параметры звеньев системы: $K = 1$, $T_a = 0,01$, $T_k = 0,2$, $\xi = -0,6$.

После проведения исследования замкнутой системы проведен синтез корректирующего устройства с передаточной функцией

$$W_k = \frac{30(0,2s + 1)^2}{(0,001s + 1)^2}$$

График переходного процесса в скорректированной замкнутой системе показан на рис. 3.

Однако такой вариант системы технически не реализуем, поскольку выходные сигналы блока коррекции будут иметь огромные импульсные составляющие на участках быстрого изменения задающего сигнала из-за наличия дифференцирующих звеньев в корректирующей передаточной функции.

Данная проблема была решена разбиением корректирующей функции на две части:

$$W_{1k} = 30,$$

$$W_{2k} = \frac{(0,2s + 1)^2}{(0,001s + 1)^2}$$

Данная передаточная функция представляет собой набор из трех вычислительно реализуемых звеньев из библиотеки ПО – одного усилительного и двух представляющих собой последовательное соединение дифференцирующего первого порядка и апериодического.

ческого звеньев. W_{1k} было решено добавить в прямую цепь, а W_{2k} – в цепь обратной связи.

Свойства замкнутой системы улучшатся благодаря изменению обратной связи, однако, поскольку обратная связь остается единичной по постоянной составляющей и дифференцирующей по сути, она не повлияет на статические свойства системы. Но теперь на W_{2k} исключается подача быстро меняющихся воздействий.

Таким образом, была составлена общая передаточная функция замкнутой скорректированной системы (рис. 4).

Переходные процессы в обеих системах показаны на рис. 5.

Как видно из графиков, переходный процесс в реализуемой системе происходит медленнее, но при этом отсутствует перерегулирование.

Моделирование системы производилось с фиксированной величиной шага, равной

0,0001 с, в течение 3 с. Для сравнения данная система также была промоделирована в пакете Matlab. Оба эксперимента проводились с помощью встроенных профилировщиков. Сравнение результатов моделирования с профилированием представлено в табл. 1. Характеристики быстродействия отдельных составляющих модели разработанного ПО представлены в табл. 2.

Характеристики быстродействия, приведенные в таблице, показывают, что вычисления методом МП-моделирования являются значительно более быстрыми, чем традиционные методы моделирования технических систем, и не вызывают потери качества и точности моделирования. Время расчета одного шага простого звена лежит в пределах нескольких микросекунд, что позволяет сделать вывод о перспективности использования данного метода в системах реального времени.

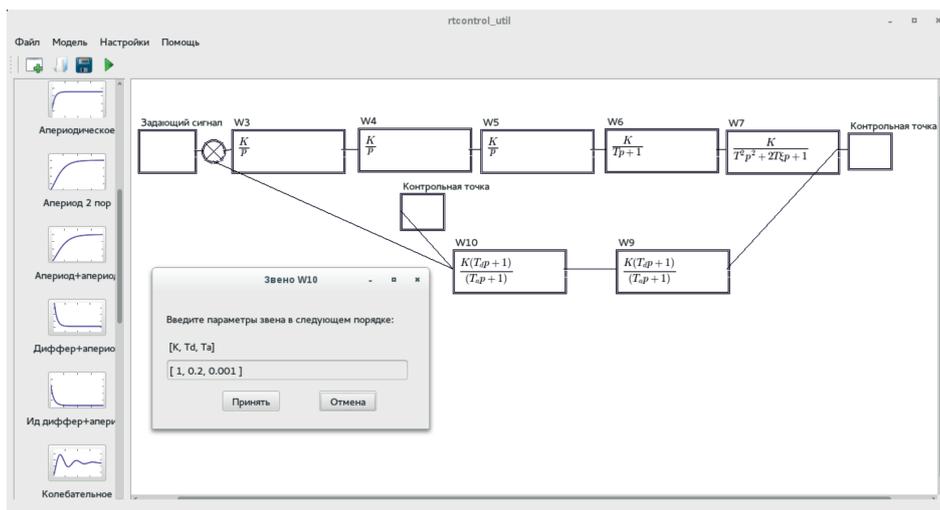


Рис. 4. Структурная схема скорректированной реализуемой системы

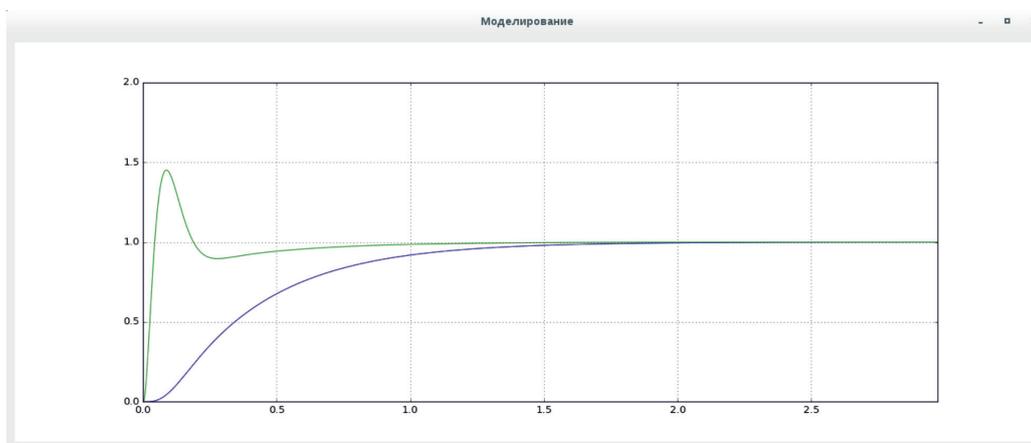


Рис. 5. Переходные процессы в скорректированных реализуемой и нереализуемой замкнутых системах

Таблица 1

Сравнение результатов профилирования длительности расчетов в Matlab и разработанном ПО при моделировании процесса длиной 3 с

Метод	Время, с
Разработанное ПО, метод параметрического моделирования, фиксированный шаг $d = 0,0001$ с	0,432
Matlab, встроенная функция ode45, переменный шаг	0,83
Matlab, встроенная функция ode5, фиксированный шаг $d = 0,0001$ с	11,83

Таблица 2

Характеристики быстродействия отдельных составляющих модели в разработанном ПО

Тип звена	Время расчета одного шага моделирования, мкс
Идеальное усилительное	0,9
Идеальное интегрирующее	1,1
Апериодическое	1,2
Колесательное	2,1
Дифференцирующее + аperiодическое	2,2

В дальнейшем планируется провести работу в части реализации алгоритмов МП-моделирования на более низкоуровневых языках для оптимизации и повышения скорости вычислений. Также представляется возможной генерация низкоуровневых программных модулей для встраиваемых систем, требующих быстрой цифровой обработки сигналов.

Выводы

Разработаны алгоритмы формирования характеристик для базовых динамических структур, поддерживающих рекуррентное моделирование динамических систем широкого класса. Разработано и реализовано ПО для отладки и МП-моделирования систем, позволяющее изменять параметры моделируемых структур, не меняя самих алгоритмов расчета и программы.

Тестовые испытания предложенного программного обеспечения показали, что скорость процесса моделирования возросла по сравнению со стандартными алгоритмами, которые применяются в подобных расчетах, без потери качества и точности моделирования, могут быть эффективно использованы для расчетов и обработки сигналов в системах реального времени.

Список литературы

1. Цибизова Т.Ю., Пью С., Селезнева М.С. Математическое моделирование динамических систем с использовани-

ем параметрической идентифицируемости // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 1. С. 54–60.

2. Дьяконов В.П. Maple 10/11/12/13/14 в математических расчетах. М.: ДМК Пресс, 2011. 800 с.

3. Фам С.Ф., Цибизова Т.Ю. Методы построения математических моделей: генетические алгоритмы // Достижения вузовской науки. Труды международной научно-практической конференции. М.: МГОУ, 2014. С. 158–162.

4. Неусыпин К.А., Пролетарский А.В., Кузнецов И.А. Синтез численного критерия меры идентифицируемости параметров моделей динамических систем // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 3. С. 9–13.

5. Безряков В.В., Солодухин В.А., Цибизова Т.Ю. Модифицированный метод проекции градиента в линейном программировании // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 6. С. 20–24.

6. Малый С.В. Разработка программной среды для аналитико-числового моделирования динамических объектов и систем управления в реальном масштабе времени // Молодежный научно-технический вестник. 2017. № 2. URL: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/854729.html> (дата обращения: 11.09.2018).

7. Малахов Н.А., Танташев И.Р. Разработка алгоритмического и программного обеспечения рекуррентных многомерного и параметрического методов «быстрого» моделирования динамических систем // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 10 (22). DOI: 10.18698/2308-6033-2013-10-1087. URL: <http://engjournal.ru/cata.../it/hidden/1087.html> (дата обращения: 11.09.2018).

8. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М., 1971. 576 с.

9. Бондарев А.Е., Галактионов В.А., Михайлова Т.Н., Нестеренко Е.А., Рыжова И.Г. Построение и анализ многомерных параметрических решений для нестационарных задач // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2015. № 18. С. 183–193.

10. Ненашев А.В. Метод параметрических характеристик для анализа и моделирования нелинейных устройств // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2009. Т. 52. № 11. С. 30–40.

УДК 65.011.4:658.5:51-77:004.891.2

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСОБОРОНЗАКАЗА В СТРУКТУРЕ КОНЦЕРНА

¹Мовтян Б.А., ²Данилаев Д.П.¹АО «Калужский электромеханический завод», Калуга, e-mail: bmovt@list.ru;²Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, e-mail: danilaev.reku@kstu-kai.ru

Для оценки производственной, организационной, управленческой эффективности на дочерних предприятиях при выполнении ими контрактов по гособоронзаказу возможно применение экспертных мнений для формализации информационных потоков и формирования единой шкалы оценок. Необходима разработка методов и механизмов управления потоками информации, оценки эффективности поэтапного выполнения каждого контракта и обеспечения поддержки принятия управляющих решений. Цель статьи: развитие методов и моделей обработки информации и поддержки принятия решений относительно эффективности выполнения гособоронзаказа при взаимодействии управляющей компании с дочерними предприятиями в структуре концерна. Механизмы формирования потоков информации представляют собой ряд организационных мероприятий, включающих сбор, обработку, систематизацию информации, определение ее достоверности. Проведенный анализ существующих подходов к решению таких задач показал, что принятие решений удобно осуществлять с применением экспертного подхода. Поскольку исходная информация для принятия решения об эффективности выполнения контракта по ГОЗ носит нечеткий характер, то само решение также является нечетким. Поэтому целесообразно использовать аппарат нечеткой логики. На основе методов теории нечетких множеств разработана модель оценки достоверности информации о ходе выполнения контрактов дочерними предприятиями концерна, а также модель оценки рисков выполнения гособоронзаказа. Лингвистические переменные математических моделей выбираются в соответствии с формализованными факторами риска. Сопоставление численных оценок выходных показателей моделей позволяет ранжировать список контрактов по достоверности собранной информации и по опасности срыва их выполнения. Практическая значимость предложенного подхода и разработанных математических моделей состоит в том, что их легко алгоритмизировать и реализовать в составе автоматизированных систем организационного управления.

Ключевые слова: менеджмент промышленного концерна, управление гособоронзаказом, эффективность гособоронзаказа, нечеткие модели

THE DECISION-MAKING SUPPORTING METHODS AND MODELS FOR THE STATE DEFENSE ORDER FULFILLMENT EFFICIENCY IMPROVING AT THE CONCERN STRUCTURE

¹Movtyan B.A., ²Danilaev D.P.¹Kaluga Electromechanical Plant, Kaluga, e-mail: bmovt@list.ru;²Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, e-mail: danilaev.reku@kstu-kai.ru

The expert opinions method can be used to formalize information flows and a single scale of assessments form to assess the operational, organizational, managerial effectiveness of the state defense orders contracts performance. We need to develop information flow control mechanisms and methods of the effectiveness evaluate of the each contract phased implementation, and methods of the management decisions support. The purpose of the article: the development of methods and models for processing information and decision-making supporting for the state defense order regarding effectiveness at the management company of the concern with its subsidiaries interaction. Mechanisms for the information flows formation are a series of organizational activities, including the information collection, processing, systematization, and its reliability determining. Analysis of the such problems solution existing approaches has shown that making decisions is convenient with the expert approach using. The decision itself is uncertain as the initial information for the contract implementation effectiveness decision making is fuzzy. Therefore, it is advisable to use fuzzy logic. The information for the state defense order contracts implementation reliability assessing model was developed based on the fuzzy logic methods. Also the risks assessing model of the state defense order fulfilling was developed. The linguistic variables of the mathematical models are chosen in accordance with formalized risk factors. The numerical estimates of the models output indicators comparison permit to rank the contracts list according to the collected information reliability and their performance disruption risks. The practical significance of the proposed approach and developed mathematical models is that they are easily algorithmized and implemented as part of organizational management automated systems.

Keywords: management of the defense industry concern, the state defense order management, the effectiveness of state defense order, fuzzy decision support models

Система управления выполнением отдельных контрактов по гособоронзаказу (ГОЗ) дочерними предприятиями на уровне промышленного концерна оборонно-промышленного комплекса (ОПК) позволяет

повысить их эффективность на основе более широкого выбора стратегий, подходов, интеграции и распределения ресурсов [1]. В связи с формированием системы корпоративного контроля и управления эффек-

тивностью выполнения контрактов по ГОЗ необходима организация соответствующего взаимодействия управляющей компании и дочерних предприятий. Выделение этапов выполнения производственных программ позволяет получить контрольные точки оценки эффективности выполнения ГОЗ на этапах производства продукции [1]. Необходимо разработать методы и механизмы оценки эффективности поэтапного выполнения каждого контракта ГОЗ и обеспечения поддержки принятия управляющих решений.

Цель исследования: развитие методов и моделей обработки информации и поддержки принятия решений относительно эффективности выполнения ГОЗ при взаимодействии управляющей компании с дочерними предприятиями в структуре концерна.

*Методы обработки информации
в системе корпоративного управления
эффективностью выполнения
гособоронзаказа*

Мониторинг эффективности выполнения контрактов по ГОЗ дочерними предприятиями Концерна со стороны управляющей компании ведется на основе системы показателей [2]. Основа эффективной работы на предприятиях ОПК – обеспечение постоянного контроля отклонений [3]. Для каждого этапа выполнения отдельного контракта формируется свой перечень показателей. В структуре концерна дочерние предприятия могут выполнять разные, не связанные между собой контракты по ГОЗ, выпускать различную номенклатуру продукции. При этом качественные и количественные показатели эффективности выполнения ГОЗ в каждом конкретном случае могут отличаться.

Механизмы формирования и управления потоками информации представляют собой ряд организационных мероприятий, включающих сбор, обработку, систематизацию информации, определение ее достоверности. Возникает достаточно большой объем собранной информации по показателям, которые, с одной стороны, дополняют друг друга, с другой стороны, требуют согласования между собой. Эта информация является избыточной и сложной для анализа на верхнем уровне менеджмента.

На уровне корпоративного менеджмента выделяются задачи: проверки достоверности собранной информации, а также обобщения и анализа собранной информации. Степень обобщения и уровень детализации анализа при обработке информации должны обеспечить выделение существенных для планируемых результатов явлений и процессов, исключая при этом «зашумленность» незначимыми отклонениями и возмущениями.

Вторая задача требует группировки частных показателей, наиболее значимых для того или иного фактора риска выполнения производственной программы.

Для обработки информации и поддержки принятия решений могут быть применены известные методы анализа данных [4]. Среди них методы: статистической обработки информации; нечеткой логики; «мозгового штурма»; теории графов и др. Реализации частных показателей в общем случае носят случайный характер. В этом случае оценку, а также принятие решений удобно осуществлять с применением экспертного подхода. Для сокращения числа экспертных оценок по проектам целесообразным представляется подход, основанный на факторном анализе групп показателей (анализ факторов риска) [5].

Для организационных систем сохраняется вероятностный характер влияния промежуточных показателей на результат выполнения работы, проявляется сложная взаимосвязь различных факторов риска. Поскольку исходная информация для принятия решения об эффективности выполнения контракта по ГОЗ носит нечеткий характер, то само решение также является нечетким. В этой связи в рамках данной работы предложено использовать аппарат нечеткой логики [6].

*Модель оценки достоверности
информации об эффективности
выполнения гособоронзаказа
в структуре концерна*

Каждый фактор риска на этапах производства вооружений и военной техники характеризуется соответствующей группой показателей (трудовые ресурсы, производственные фонды, финансы, качество продукции, сроки). Эксперты в соответствии с их специализацией для каждого реализуемого проекта оценивают показатели – каждый в своей области, на предмет соответствия установленным нормам. Выявленные экспертами малые или критические отклонения от нормативных значений показателей характеризуют факторы риска выполнения контрактов ГОЗ. Такой подход позволяет осуществлять независимую или перекрестную экспертизу проектов. Появляется возможность оценить согласованность экспертных мнений, взаимосвязь оценок по группам факторов риска.

Оценку достоверности рационально осуществить путем сопоставления экспертных оценок по факторам риска с учетом их взаимосвязи: при появлении отклонений в одной группе показателей следует ожидать отклонений в других. Для построения нечеткой модели в виде базы нечетких

правил вывода введем входные лингвистические переменные, соответствующие экспертным оценкам по группам показателей:

X_1 = «Эффективность использования трудовых ресурсов по показателям» с универсальным множеством $U(X_1) = [0, 1]$. Терм-множество $T(X_1) = \{\text{«норма»}, \text{«отклонения»}, \text{«критические отклонения»}\}$.

X_2 = «Эффективность использования производственных фондов «по показателям»» с универсальным множеством $U(X_2) = [0, 1]$. Терм-множество $T(X_2) = \{\text{«норма»}, \text{«отклонения»}, \text{«критические отклонения»}\}$.

X_3 = «Эффективность использования финансовых средств» с универсальным множеством $U(X_3) = [0, 1]$. Терм-множество $T(X_3) = \{\text{«норма»}, \text{«отклонения»}, \text{«критические отклонения»}\}$.

X_4 = «Качество выполнения заказа» с универсальным множеством $U(X_4) = [0, 1]$. Терм-множество $T(X_4) = \{\text{«норма»}, \text{«отклонения»}, \text{«критические отклонения»}\}$.

X_5 = «Оценка динамики производства». Универсальное множество переменной X_5 содержит два значения: 0 и 1. Терм-множество $T(X_5) = \{\text{«норма»}, \text{«отклонения»}, \text{«критические отклонения»}\}$.

Выход нечеткой модели формализуется лингвистической переменной Y = «Оценка достоверности информации», с универсальным множеством $U(Y) = [0, 1]$. Терм-множество $T(Y) = \{\text{«достоверна»}, \text{«не достоверна»}\}$.

Для терм-множеств каждой лингвистической переменной $T(x_i) = \{t_i^1, t_i^2, \dots, t_i^n\}$ экспертами определяются функции принадлежности $\mu_{t_j^i}(u), j = \overline{1, n}$ (рис. 1) с характерными точками, имеющими следующий смысл: u_1 – минимальное значение переменной на множестве $U(X_i)$, которое не принадлежит значению лингвистической переменной; u_2 – минимальное значение переменной, которое точно принадлежит значению лингвистической переменной; u_3 – максимальное значение переменной, которое точно принадлежит значению лингвистической переменной; u_4 – максимальное значение переменной, которое не принадлежит значению лингвистической переменной.

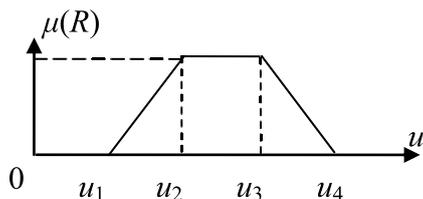


Рис. 1. Описание функций принадлежности лингвистических переменных

Пример функций принадлежности для терм-множеств входных и выходной лингвистических переменных приведен на рис. 2.

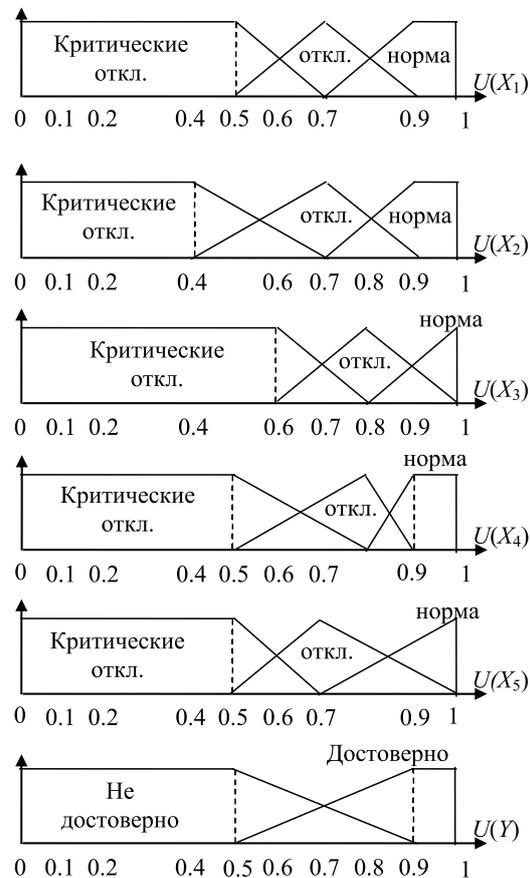


Рис. 2. Функции принадлежности входных и выходной лингвистических переменных нечеткой модели проверки достоверности информации

Система нечетко-продукционных правил нечеткой модели сформирована на основе обобщения опыта работы экспертного сообщества и включает 153 правила. Приведем некоторые из них:

1. Если $T(X_1) = \text{критические отклонения}$, И $T(X_2) = \text{критические отклонения}$, И $T(X_3) = \text{критические отклонения}$ ТО $T(X_4) = \text{критические отклонения}$ ТО $T(Y) = \text{достоверно}$.

2. Если $T(X_1) = \text{норма}$, И $T(X_2) = \text{норма}$, И $T(X_3) = \text{критические отклонения}$ ТО $T(Y) = \text{не достоверно}$.

3. Если $T(X_1) = \text{отклонения}$, И $T(X_2) = \text{отклонения}$ И $T(X_3) = \text{критические отклонения}$, И $T(X_4) = \text{критические отклонения}$ ТО $T(Y) = \text{не достоверно}$.

...
153. Если $T(X_1) = \text{критические отклонения}$, И $T(X_2) = \text{критические отклонения}$ И $T(X_3) = \text{критические отклонения}$, И $T(X_4) = \text{отклонения}$, И $T(X_5) = \text{критические отклонения}$ ТО $T(Y) = \text{достоверно}$.

Агрегирование нечетких правил и аккумуляцию решения в системе нечеткого вывода осуществим по алгоритму Мамдани [6, 7]. Дефаззификация в системе нечеткого вывода позволяет перейти от функций принадлежности выходной лингвистической переменной к четкому, числовому значению оценки достоверности информации. Приведение к четкости проводится центроидным методом:

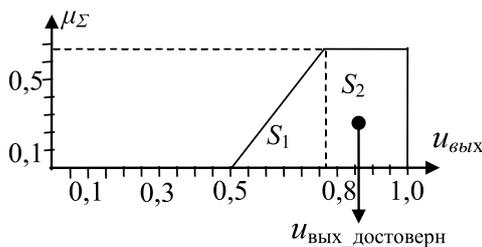
$$u_{\text{вых}} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{\text{вых}_i} \cdot \mu_{\Sigma}(u_{\text{вых}_i})}{\sum_{i=1}^n \mu_{\Sigma}(u_{\text{вых}_i})} \quad (1)$$

Рассмотрим пример применения модели оценки достоверности информации об эффективности выполнения ГОЗ по экспертным оценкам. Пусть по собранному множеству показателей о ходе выполнения ГОЗ, для трех анализируемых контрактов K_1, K_2, K_3 , в соответствии с разработанной методологией определены экспертные оценки (табл. 1).

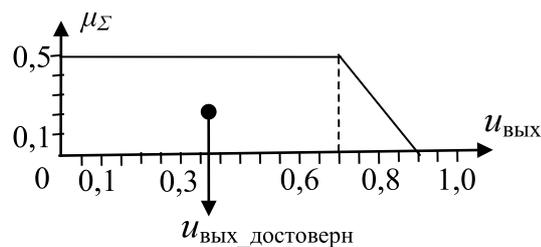
Таблица 1
Значения входных переменных на множестве $U(X_i)$

Контракт	$U(X_1)$	$U(X_2)$	$U(X_3)$	$U(X_4)$	$U(X_5)$
K_1	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9
K_2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5
K_3	0,5	0,7	0,9	0,9	0,8

С учетом принятых интервалов значений входных и выходной лингвистических переменных (рис. 2) осуществляется про-



а)



б)

Рис. 4. Дефаззификация выходной переменной по методу Мамдани для: а) Контракта K_2 ; б) Контракта K_3

цедура нечеткого вывода для каждого контракта по известным методикам [6]. Вывод функции принадлежности выходной переменной по алгоритму Мамдани позволяет получить точки ее перегиба (рис. 3): $\mu_{\Sigma}(0,5) = 0$; $\mu_{\Sigma}(0,7) = 0,5$; $\mu_{\Sigma}(1) = 0,5$; $\mu_{\Sigma}(\Gamma) = 0$. Оценка достоверности информации в соответствии с (1):

$$u_{\text{вых}} = \frac{\sum_{i=1}^n u_{\text{вых}_i} \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} = 0,796 \approx 0,8, \quad (2)$$

где $u_{\text{вых}_i}$ – центр тяжести фигуры, выделенной под частью функции принадлежности, а S_i – площадь этой фигуры (рис. 3).

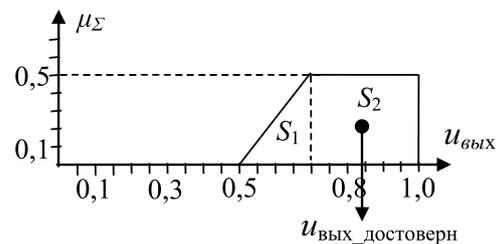


Рис. 3. Дефаззификация выходной переменной для первого контракта по методу Мамдани

Аналогично для второго и третьего контрактов процедура нечеткого вывода позволяет получить вид функции принадлежности нечеткого вывода, представленный на рис. 4, а, и рис. 4, б, соответственно. Результаты расчетов для трех вариантов сведены в табл. 2.

Таблица 2
Результаты оценки достоверности информации об эффективности выполнения ГОЗ по примерам для трех контрактов

Контракт	Численная оценка показателя	Лингвистическая оценка достоверности информации
K_1	0,796	Достоверно (высокая достоверность)
K_2	0,8088	Достоверно (высокая достоверность)
K_3	0,4021	Не достоверно

Численные значения выходной переменной являются более дифференцированными по сравнению с лингвистической выходной переменной. Сопоставление показателей достоверности информации позволяет ранжировать список контрактов по точности экспертных оценок и исключить принятие решений по заведомо недостоверной информации.

Представленная оценка достоверности информации может использоваться также для проверки согласованности экспертных мнений. При этом полагается: что все эксперты не могут ошибаться одновременно и в равной степени. Тогда результат не достоверности информации свидетельствует о необходимости дополнительной, более тщательной экспертизы сведений, с возможным привлечением другого состава экспертов.

Модель оценки риска выполнения гособоронзаказа дочерними предприятиями концерна

Экспертные оценки собранных множеств показателей позволяют оценить риски выполнения ГОЗ дочерними предприятиями в структуре концерна. Дифференциальная оценка показателя риска позволит выявить наиболее уязвимые этапы производства по контрактам и учитывать их при распределении ресурсов внутри концерна.

Для построения нечеткой модели в виде базы нечетких правил вывода используются входные лингвистические переменные предыдущей модели. Выход нечеткой модели формализуется лингвистической переменной $Y = \text{«Риск выполнения контракта»}$, с универсальным множеством $U(Y) = [0, 1]$. Терм-множество $T(Y) = \{\text{«отсутствует»}, \text{«низкий»}, \text{«средний»}, \text{«критический»}\}$.

Вид функций принадлежности для терм-множеств входных и выходной лингвистических переменных приведен на рис. 5. Система нечетко-продукционных правил модели сформирована на основе обобщения опыта работы экспертного сообщества и включает 69 правил нечеткой модели. Приведем некоторые из них:

1. Если $T(X_3) = \text{критические отклонения}$, ТО $T(Y) = \text{критический}$.
2. Если $T(X_4) = \text{критические отклонения}$, ТО $T(Y) = \text{критический}$.
3. Если $T(X_3) = \text{критические отклонения}$, И Если $T(X_4) = \text{отклонения}$, ТО $T(Y) = \text{критический}$.
4. Если $T(X_1) = \text{критические отклонения}$, И $T(X_2) = \text{критические отклонения}$, ТО $T(Y) = \text{критический}$.
- ...
69. Если $T(X_1) = \text{норма}$, И $T(X_2) = \text{норма}$, И $T(X_3) = \text{норма}$, И $T(X_4) = \text{норма}$, И $T(X_5) = \text{норма}$, ТО $T(Y) = \text{отсутствует}$.

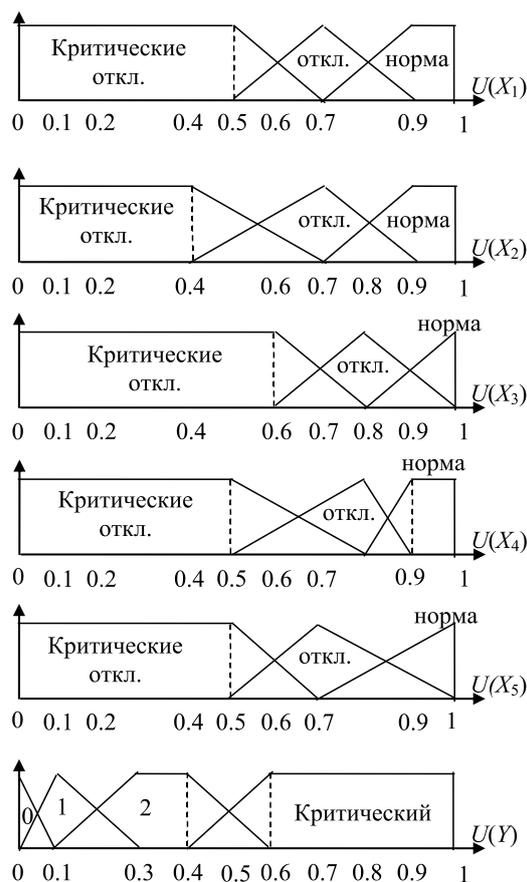


Рис. 5. Функции принадлежности входных и выходной лингвистических переменных нечеткой модели оценки риска выполнения контракта по ГОЗ. Обозначения на графике $\mu_i(u)$: 0 – риск отсутствует; 1 – риск низкий; 2 – риск средний

Агрегирование нечетких правил и аккумуляция решения в системе нечеткого вывода осуществляется по алгоритму Мамдани [6, 7]. Дефаззификация в системе нечеткого вывода позволяет перейти от функций принадлежности выходной лингвистической переменной к четкому, числовому значению оценки риска выполнения контракта по ГОЗ. Приведение к четкости проводится аналогично (1).

В ходе разработки приведенных выше нечетких моделей проведено их обучение, настройка. Полнота представленных математических моделей обеспечивается за счет перебора достаточного количества обучающих выборок при их проектировании.

Заключение

Проведенный анализ подходов к решению задач проверки достоверности собранной информации, а также ее обобщения с целью обеспечения управляющих решений показал, что анализ удобно осуществ-

влять с применением экспертного подхода. На основе методов теории нечетких множеств разработана модель оценки достоверности информации о ходе выполнения контрактов по ГОЗ дочерними предприятиями концерна, а также модель оценки риска выполнения контрактов по ГОЗ дочерними предприятиями концерна. Численные оценки выходного показателя моделей являются более дифференцированными по сравнению с лингвистической выходной переменной. Сопоставление численных оценок выходного показателя риска позволяет ранжировать список контрактов по опасности срыва их выполнения и обеспечить принятие решений по наиболее опасным ситуациям. Разработанные модели могут использоваться для любого числа контрактов и предприятий.

Практическая значимость предложенного подхода и разработанных математических моделей состоит в том, что их легко алгоритмизировать и реализовать в составе автоматизированных систем организационного управления.

Список литературы

1. Мовтян Б.А., Данилаев Д.П. Задачи и методы корпоративного управления эффективностью выполнения гособоронзаказа // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 8. С. 24–26.
2. Голубев М.П. Методика повышения эффективности управления холдингом // Финансы и кредит. 2006. № 2 (206). С. 28–33.
3. Ерыгин Ю.В., Рагозина М.А. Инструменты стратегического планирования производственной программы предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2011. № 2 (35). С. 197–201.
4. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Емельянова Н.З., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: учеб. пособие; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.А. Емельянова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. 450 с.
5. Солодимова Г.А., Мешалкина Н.Н. Риск-менеджмент как инструмент повышения конкурентоспособности промышленного предприятия // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2017. № 4. С. 110–121.
6. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. 2-е изд. М.: Горячая линия – Телеком, 2017. 284 с.
7. Рубанов В.Г., Филатов А.Г., Рыбин И.А. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах: учебное пособие [Электронный ресурс]. URL: <http://nrsu.bstu.ru> (дата обращения: 20.07.2018).

УДК 621.45:629.735

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОГО САМОЛЁТА С ДВУХКОНТУРНЫМИ ТУРБОРЕАКТИВНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И МИНИМИЗАЦИИ ИХ «РАЗНОТЯГОВОСТИ» ПРИ ВЗЛЁТЕ И НАБОРЕ ВЫСОТЫ

Новичков В.М., Бурова А.Ю.

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
Москва, e-mail: frambe@mail.ru

Рассмотрен ряд вопросов проблемы автоматического контроля и минимизации асимметрии тяги двухконтурных турбореактивных двигателей силовой установки двухдвигательного самолёта при взлёте и наборе высоты для повышения безопасности полётов. Предусмотрено, что их «разнотяговость» уже была минимизирована в многомерной постановке задачи контроля и уменьшения асимметрии их тяги после глубокого тестирования технического состояния таких двухконтурных турбореактивных двигателей по результатам стендовых испытаний на заводе-изготовителе в условиях серийного производства. Приведена функциональная схема электронной системы управления силовой установкой и минимизации «разнотяговости» её двух двигателей, прошедших глубокое тестирование их технического состояния по результатам стендовых испытаний в условиях серийного производства и ужесточённый выходной контроль на заводе-изготовителе. Описаны принципы работы этой системы при исправном функционировании обоих двигателей силовой установки самолёта. Представлен алгоритм управления параметрами тяги в системе управления такой силовой установкой самолёта при безотказной работе его двухконтурных турбореактивных двигателей. В качестве параметров тяги применяются управляемые параметры – частоты вращения роторов таких двигателей. Предложены математические формулы, описывающие работу системы управления силовой установкой самолёта с двумя исправными двухконтурными турбореактивными двигателями при взлёте и наборе высоты.

Ключевые слова: управление, система автоматического управления, турбореактивный двигатель, тяга, асимметрия тяги

THE FORMALIZATION OF THE PRINCIPLES OF OPERATION OF THE CONTROL SYSTEM POWER PLANT OF TWIN-ENGINE AIRCRAFT WITH TURBOJET ENGINES AND MINIMISE THE ASYMMETRY OF THRUST AT TAKEOFF AND CLIMB

Novichkov V.M., Burova A.Yu.

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, e-mail: frambe@mail.ru

There are considered a number of issues of automatic control and minimization of thrust asymmetry of twin-circuit turbojet engines of the power plant of a twin-engine aircraft during take-off and climb to improve flight safety. It is envisaged that their thrust asymmetry has already been minimized in the multidimensional formulation of the problem of monitoring and reducing the asymmetry of their thrust after in-depth testing of the technical condition of such two-circuit turbojet engines according to the results of bench tests at the manufacturer in batch production. The functional diagram of the electronic control system of the power plant and the minimization of the asymmetry of the thrust of its two engines, which have passed deep testing of the technical condition according to the results of bench tests in the conditions of mass production and tightened output control at the manufacturer is presented. The principles of operation of this system for the proper functioning of both engines of the aircraft power plant are described. It is described the operation of that system during correct operating of both engines of the plane power system. An algorithm for controlling the thrust parameters in the automatic control system of such an aircraft power plant during the trouble-free operation of turbojet engines is presented. As the parameters of traction are used controlled parameters—the speed of the rotors of such engines. The mathematical formulas describing the operation of the control system of the aircraft power plant with two serviceable dual-circuit turbojet engines during takeoff and climb are proposed.

Keywords: control, automatic control system, turbofan engine, thrust, thrust asymmetry

Проблема минимизации «разнотяговости» двухконтурных турбореактивных двигателей силовой установки самолёта стала в России актуальной с 1992 г. после авиакатастрофы самолёта «МиГ-31» вследствие «разнотяговости» его двигателей, которая возникла из-за невключения режима «Полный форсаж» одного из них при нарушении электрической цепи по причине некачественности её пайки на заводе-изготовителе.

Но минимизировать «разнотяговость» пары двигателей для силовой установки самолёта нужно и должно ещё на заводе-изготовителе по результатам стендовых испытаний с помощью методики минимизации «разнотяговости» и асимметрии тяги двигателей силовой установки двухдвигательного самолёта в многомерной постановке задачи автоматического контроля асимметрии тяги [1, 2]. Причем уменьшать асимметрию тяги дви-

гателей силовой установки самолёта в полёте, обусловленную их минимизированной на заводе-изготовителе, но не до конца ликвидированной «разноотяговостью», можно и должно, если реализовать в системе управления силовой установкой (СУ СУ) этого самолёта программу управления по частоте вращения ротора низкого давления (РНД) n_1 ($n_1 \pm \delta n_1 = \text{const}$) и программу управления по частоте вращения ротора компрессора высокого давления (РКВД) n_2 ($n_2 \pm \delta n_2 = \text{const}$), а управляемые параметры n_1 и n_2 задействовать в качестве параметров тяги и вводить через эту СУ СУ их особые поправки (малые отклонения) на основе того же метода минимизации «разноотяговости» и асимметрии тяги однотипных двигателей [3, 4].

Цель исследования: формализация принципов функционирования СУ СУ самолёта с двумя двухконтурными турбореактивными двигателями при их безотказной работе и минимизации асимметрии тяги его двигателей с минимальной «разноотяговостью».

Материалы и методы исследования

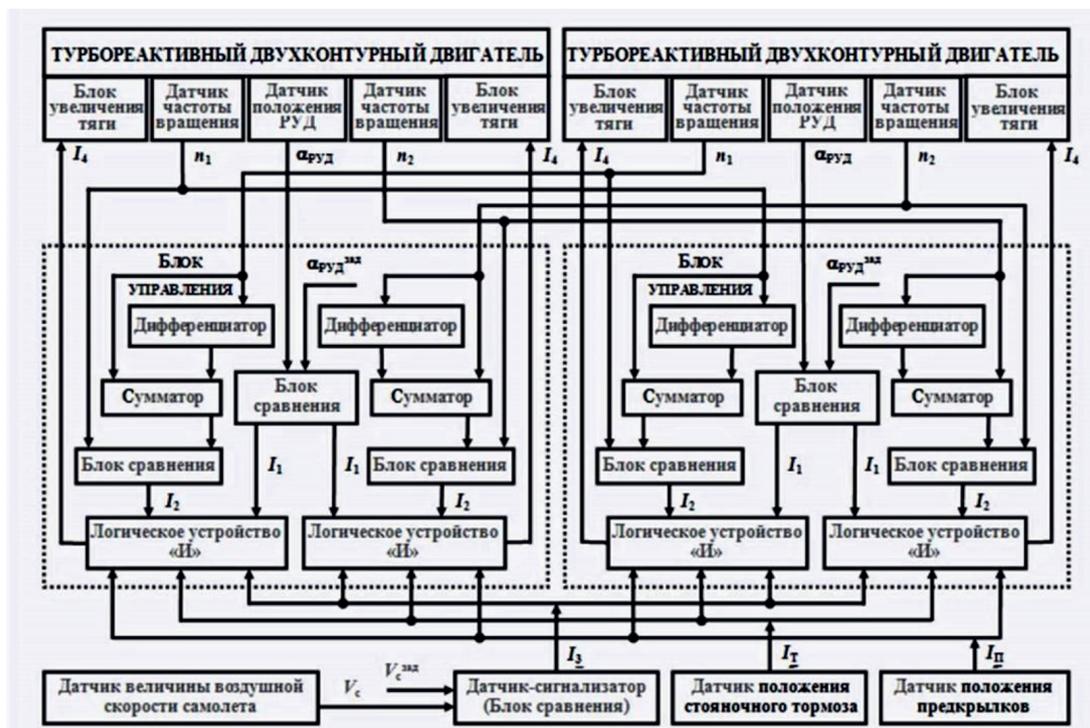
Материалом для исследования является СУ СУ самолёта с двумя двухконтурными турбореактивными двигателями.

Методами исследования являются методы математической статистики и минимизации «разноотяговости» и асимметрии тяги двух двухконтурных турбореактивных двигателей силовой установки самолёта [1, 3, 4].

Структура СУ СУ самолёта и минимизации асимметрии тяги двух его исправных ТРДД с минимальной «разноотяговостью»

Минимизировать асимметрию тяги исправных двигателей силовой установки самолёта в полёте позволяет такая система управления этой установкой, которая автоматически осуществляет определение снижения тяги исправного двигателя и исключение недопустимых включений режима повышенной тяги (РПТ) в условиях взлёта самолёта, если на нём установлены двигатели, которые успешно прошли на заводе-изготовителе глубокое тестирование технического состояния после стендовых испытаний в условиях серийного производства и ужесточённый выходной контроль.

При реализации в СУ СУ самолёта программ управления $n_1 \pm \delta n_1 = \text{const}$ и $n_2 \pm \delta n_2 = \text{const}$, снижение тяги двигателей при взлёте определяется по уменьшению частоты вращения РНД n_1 и частоты вращения РКВД n_2 ниже заданных значений соответственно частотам вращения $n_1^{\text{зад}}$ и $n_2^{\text{зад}}$, а минимизация асимметрии тяги эти двигателей при взлёте выполняется путём введения поправок управляемых параметров n_1 и n_2 по методу минимизации «разноотяговости» двигателей в многомерной постановке задачи автоматического контроля асимметрии тяги [4].



Функциональная схема предлагаемой СУ СУ самолёта с двумя двигателями

В предлагаемой СУ СУ самолёта реализуются программы управления по частотам вращения роторов ($n_1 + \delta n_1 = \text{const}$ и $n_2 + \delta n_2 = \text{const}$), а в качестве параметров тяги применяются управляемые параметры n_1 и n_2 . Управление двигателями осуществляется блоками управления по сигналам от датчиков положения рычагов управления двигателями (РУД) $\alpha_{\text{РУД}}$ и датчиков частот вращения роторов двигателей n_1 и n_2 . Суммарные сигналы частоты вращения РНД n_1 и её 1-ой производной dn_1/dt в виде $n_1 \pm C_1 \cdot dn_1/dt$ и частоты вращения РКВД n_2 и её 1-й производной dn_2/dt в виде $n_2 \pm C_2 \cdot dn_2/dt$ помогают определить «разнотяговость» и асимметрию тяги двигателей в условиях взлёта и набора высоты. При этом коэффициенты C_1, C_2 в поправках $\delta n_1 = C_1 \cdot dn_1/dt$ и $\delta n_2 = C_2 \cdot dn_2/dt$ зависят от характеристик этих роторов. Функциональная схема такой СУ СУ представлена на рисунке.

Нахождению механизации крыла самолёта во взлётной конфигурации соответствует дискретный сигнал «Предкрылки не убраны» I_T . После взлёта осуществляется изменение механизации крыла в полётную конфигурацию и снимается дискретный сигнал I_T , что исключает при взлёте включение РПТ. Выключению стояночного тормоза самолёта перед началом разбега по взлётно-посадочной полосе соответствует дискретный сигнал «Стояночный тормоз самолёта выключен» $I_{\text{П}}$, который до конца полёта не снимается. Если измеренное значение положения РУД $\alpha_{\text{РУД}}$ ниже заданного значения $\alpha_{\text{РУД}}^{\text{зад}}$, то выполняется снятие РПТ изменением положения РУД [5, 6].

Дискретные сигналы с датчиков частоты вращения РНД n_1 и датчиков частоты вращения РКВД n_2 одновременно подаются на блоки управления двигателями, где в блоках сравнения значений положения РУД происходит сравнение измеренных значений положения РУД $\alpha_{\text{РУД}}$ с его заданным значением $\alpha_{\text{РУД}}^{\text{зад}}$, соответствующим режиму полёта. Если $\alpha_{\text{РУД}} > \alpha_{\text{РУД}}^{\text{зад}}$, то на выходе этих блоков формируются дискретные сигналы «РУД на режиме «Взлёт»» $I_1 = 1$. В дифференциаторах каждого двигателя осуществляются вычисления 1-ой производной частоты вращения РНД dn_1/dt и 1-ой производной частоты вращения ротора КВД dn_2/dt соседнего двигателя. В сумматорах каждого двигателя происходит алгебраическое суммирование поступающих дискретных сигналов с датчика частоты вращения РНД n_1 и датчика частоты вращения РКВД n_2 соседнего двигателя. В блоках сравнения, соответствующим этим сумматорам, производится сравнение суммарного сигнала частоты вращения РНД n_1 и её 1-й произ-

водной dn_1/dt и суммарного сигнала частоты вращения РКВД n_2 и её 1-й производной dn_2/dt с текущими величинами частоты вращения РНД n_1 и частоты вращения РКВД n_2 соседнего двигателя, при снижении которых ниже уровней соответствующих суммарных сигналов формируются логические сигналы «Провал режима двигателя ниже допустимого» $I_2 = 1$. Датчик воздушной скорости самолёта фиксирует значение воздушной скорости (ВС) самолёта V_c и подаёт сигнал на датчик-сигнализатор, где производится сравнение измеренного значения воздушной скорости самолёта V_c с заданным значением скорости $V_c^{\text{зад}}$ [7].

За заданное значение ВС самолёта $V_c^{\text{зад}}$ принимается заданное значение скорости принятия решения о взлёте $V_{\text{взл}}^{\text{зад}}$ ($V_c^{\text{зад}} = V_{\text{взл}}^{\text{зад}}$), так как она характеризует скорость разбега самолёта, при которой возможно безопасное продолжение и безопасное прекращение взлёта. При величине ВС $V_c > V_c^{\text{зад}}$ на входы цифровых блоков (логических устройств) «И» поступает дискретный сигнал «Скорость принятия решения» $I_3 = 1$. Кроме дискретных сигналов «РУД на режиме «Взлёт»» I_1 и «Провал режима двигателя ниже допустимого» I_2 , поступающего с соседнего двигателя, на вход цифрового блока «И» в зависимости от этапа полёта поступают дискретные сигналы «Стояночный тормоз самолёта выключен» $I_T = 1$ с датчика положения стояночного тормоза и «Предкрылки не убраны» $I_{\text{П}} = 1$ и датчика положения предкрылков. Эти датчики являются общими для двух двигателей. Сформированные цифровыми блоками «И» дискретные сигналы $I_4 = 1$ поступают на исполнительные органы (блоки увеличения тяги), которые обеспечивают увеличение тяговых характеристик двигателей [5, 6].

Принципы функционирования СУ СУ самолёта и минимизации асимметрии тяги двух его исправных двухконтурных турбореактивных двигателей с минимальной «разнотяговостью»

Предлагаемая СУ СУ самолёта работает следующим образом.

На исполнительном старте перед началом разбега самолёта по взлётно-посадочной полосе, когда ВС самолёта $V_c = 0$, двигатели работают на режиме «Малый газ». С датчика положения предкрылков на входы блоков управления поступает дискретный сигнал $I_{\text{П}} = 1$, соответствующий взлётной конфигурации крыла. После перемещения обоих РУД на режим «Взлёт» на выходе блоков сравнения значений положения РУД формируются дискретные сигналы $I_1 = 1$. После увеличения тяги обоих ТРДД

экипаж выключает стояночный тормоз самолёта, начинается разбег самолёта и датчик положения стояночного тормоза подаёт дискретный сигнал $I_T = 1$. При ВС $V > V_c^{\text{зад}}$ с выхода блока сравнения величин ВС самолёта (датчика-сигнализатора) подаётся дискретный сигнал $I_3 = 1$.

При уменьшении тяги одного двигателя и соответствующем снижении уровня суммарного сигнала частоты вращения РНД n_1 и её 1-й производной dn_1/dt ниже текущего значения частоты вращения РНД n_1 второго двигателя, на выходе блока сравнения формируется дискретный сигнал $I_2 = 1$. При уменьшении тяги того же или другого двигателя и соответствующем снижении уровня суммарного сигнала частоты вращения РКВД n_2 и её 1-й производной dn_2/dt ниже текущего значения этой частоты n_2 соседнего двигателя, на выходе блока сравнения частоты вращения РКВД n_2 формируется дискретный сигнал $I_2 = 1$. При поступлении сигналов $I_1 = 1, I_2 = 1, I_3 = 1, I_T = 1$ и $I_{\Pi} = 1$ на входы какого-либо цифрового блока «И» на его выходе формируется дискретный сигнал $I_4 = 1$, поступающий в случае исправности обоих двигателей на соответствующий этому цифровому блоку «И» исполнительный орган (блок увеличения тяги) двигателя для увеличения его тяговых характеристик.

Результаты исследования и их обсуждение

Формализация принципов функционирования СУ СУ самолёта и минимизации асимметрии тяги двух его исправных двухконтурных турбореактивных двигателя из выборки глубокого тестированных двигателей позволяет описать работу предлагаемой СУ СУ самолёта в полёте с несимметричной тягой из-за минимальной «разנותяговости» двух его двигателей с помощью алгоритма управления параметрами тяги n_1 и n_2 , если задействовать в ней одновременно две программы управления по частотам вращения роторов ($n_1 + \delta n_1 = \text{const}$ и $n_2 + \delta n_2 = \text{const}$). Причем, так как «серийные двигатели имеют значительный разброс значений тяги» [7], необходимо, чтобы двигатели успешно прошли глубокое тестирование их технического состояния по методу минимизации «разנותяговости» и асимметрии тяги однотипных двигателей в многомерной постановке задачи автоматического контроля асимметрии тяги после стендовых испытаний этих двигателей и успешно прошли ужесточённый выходной контроль на заводе-изготовителе по результатам такого тестирования.

Алгоритм автоматического контроля и управления параметрами тяги n_1 и n_2 в СУ СУ самолёта, которая состоит из двух

исправно работающих двигателей с минимальной их «разנותяговостью», описывается следующими формулами для регулируемых значений $n_1^{RES} = n_1 + \delta n_1$ и $n_2^{RES} = n_2 + \delta n_2$ этих параметров двигателя № 1 и регулируемых значений $n_1^{RES*} = n_1^* + \delta n_1^*$ и $n_2^{RES*} = n_2^* + \delta n_2^*$ тех же параметров двигателя № 2 при асимметрии тяги этих двигателей из-за их «разנותяговости», минимизированной на заводе-изготовителе:

$$n_1^{RES} = n_1 + \left[n_1^* - \left(n_1 + C_1 \cdot \frac{dn_1}{dt} \right) \right] = n_1^*$$

при $n_1^* > n_1 + C_1 \cdot \frac{dn_1}{dt}$; (1)

$$n_1^{RES*} = n_1^* + \left[n_1 - \left(n_1^* + C_1^* \cdot \frac{dn_1^*}{dt} \right) \right] = n_1$$

при $n_1 > n_1^* + C_1^* \cdot \frac{dn_1^*}{dt}$; (2)

$$n_2^{RES} = n_2 + \left[n_2^* - \left(n_2 + C_2 \cdot \frac{dn_2}{dt} \right) \right] = n_2^*$$

$n_2^* > n_2 + C_2 \cdot \frac{dn_2}{dt}$; (3)

$$n_2^{RES*} = n_2^* + \left[n_2 - \left(n_2^* + C_2^* \cdot \frac{dn_2^*}{dt} \right) \right] = n_2$$

при $n_2 > n_2^* + C_2^* \cdot \frac{dn_2^*}{dt}$, (4)

где C_1 и C_2 – весовые коэффициенты для одного двигателя (двигатель № 1) с параметрами тяги n_1 и n_2 , а также соответствующие весовые коэффициенты C_1^* и C_2^* для другого двигателя (двигатель № 2) с параметрами тяги n_1^* и n_2^* при таких соотношениях измеренных на заводе значений (тестовых значений) $n_{1\text{тест}}, n_{2\text{тест}}, n_{1\text{тест}^*}$ и $n_{2\text{тест}^*}$ этих параметров тяги, как $n_{1\text{мин}} \leq n_{1\text{тест}} < (n_{1\text{макс}} + n_{1\text{мин}})/2$, $n_{2\text{мин}} \leq n_{2\text{тест}} < (n_{2\text{макс}} + n_{2\text{мин}})/2$, $n_{1\text{мин}} \leq n_{1\text{тест}^*} < (n_{1\text{макс}} + n_{1\text{мин}})/2$ и $n_{2\text{мин}} \leq n_{2\text{тест}^*} < (n_{2\text{макс}} + n_{2\text{мин}})/2$.

Для минимизации асимметрии тяги исправных двигателей силовой установки двухдвигательного самолёта из-за их «разנותяговости», минимизированной на заводе-изготовителе, при $n_1 + C_1 \cdot dn_1/dt < n_1^*$ блок увеличения тяги двигателя № 1 обеспечивает рост уровня тяги этого двигателя путем увеличения частоты вращения его РНД до величины $n_1^{RES} = n_1 + C_1 \cdot dn_1/dt + [n_1^* - (n_1 + C_1 \cdot dn_1/dt)]$. Для минимизации асимме-

трии тяги исправных двигателей той же силовой установки из-за их «разנותяговости», минимизированной на заводе-изготовителе, при $n_2 + C_2 \cdot dn_2/dt < n_2^*$ блок увеличения тяги двигателя № 1 обеспечивает рост уровня тяги этого двигателя путём увеличения частоты вращения его РНД до величины $n_2^{RES} = n_2 + C_2 \cdot dn_2/dt + [n_2^* - (n_2 + C_2 \cdot dn_2/dt)]$. Аналогично блок увеличения тяги двигателя № 2 обеспечивает рост уровня тяги этого двигателя.

Результаты исследования соответствуют перспективным разработкам в области методов и алгоритмов минимизации «разנותяговости» двухконтурных турбореактивных двигателей силовой установки двухдвигательного самолета [5, 6].

Достоверность этих результатов подтверждается с помощью программного и аппаратного моделирования, поскольку результаты такого моделирования вполне согласуются с известной практикой автоматического управления авиационными двигателями и научно-практическими разработками, описание которых изложено в научных публикациях [2, 5, 7].

Заключение

Предлагаемая СУ СУ самолёта, содержащей два исправных двухконтурных турбореактивных двигателя, «разנותяговость» которых снижена на заводе-изготовителе после глубокого тестирования их технического состояния по результатам стендовых испытаний позволяет повысить безопасность полёта с несимметричной тягой такого самолёта, если в этой СУ СУ реализовать метод и алгоритм минимизации «разנותя-

говости» однотипных двухконтурных турбореактивных двигателей в многомерной постановке задачи автоматического контроля их «разנותяговости» путём ввода в СУ СУ специальных поправок – первых производных параметров тяги $\delta n_1 = C_1 \cdot dn_1/dt$ и $\delta n_2 = C_2 \cdot dn_2/dt$ с коэффициентами C_1 и C_2 , зависящими от характеристик работы роторов двигателя.

Список литературы

1. Афанасьев В.А., Лебедев В.А., Монахова В.П., Мышелов Е.П., Ножницкий Ю.А. Техническое регулирование и управление качеством. М.: Книжный дом «Либроком», 2013. 256 с.
2. Дворниченко В.В. Методология решения проблемных вопросов технической и лётной эксплуатации самолётов ГА и их ТРДД на стандартном и криогенных топливах с минимизацией «разנותяговости» ТРДД «на крыле»: дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2006. 627 с.
3. Мышелов Е.П. Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию качества: учебное пособие. М.: КРАСАНД, 2010. 224 с.
4. Новичков В.М., Бузова А.Ю. Применение ТРДД на ЛА с минимизацией «разנותяговости» для повышения безопасности полётов // Фундаментальные исследования. 2015. № 11–7. С. 1343–1351.
5. Иноземцев А.А., Семенов А.Н., Савенков Ю.С., Саженков А.Н., Трубников Ю.А. Способ управления силовой установкой самолета // Патент 2306446 Российская Федерация, МПК F02C 9/42. Заявитель и патентообладатель ОАО «АВИАДВИГАТЕЛЬ». № 2005136774/06. Заявл. 25.11.2005, опубл. 20.09.2007, Бюл. № 26. 7 с.
6. Новичков В.М., Бузова А.Ю. Формализация принципа работы системы автоматического управления силовой установкой самолёта в полёте при асимметрии тяги его турбореактивных двухконтурных двигателей с минимальной «разנותяговостью» // Фундаментальные исследования. 2017. № 11–2. С. 311–319.
7. Лесовский А.С. Эксплуатационная оценка свойств боковой управляемости самолета с помощью статистического анализа и математического моделирования: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2010. 510 с.

УДК 621.18.01

РАЗРАБОТКА И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КВ-ГМ-55-150

Орумбаев Р.К., Кибарин А.А., Коробков М.С., Ходанова Т.В.

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, e-mail: kibarin@rambler.ru

Настоящая статья посвящена проблемам разработки экономичных сейсмостойких водогрейных котлов. Существующую проблему для районов с повышенной сейсмичностью авторы предложили решить, разработав сейсмостойкие горизонтальные конструкции водогрейных котлов КВ-ГМ тепловой мощностью 35–55 МВт с размещением их в зданиях котельных высотой до 9,0 м, т.е. значительно ниже существующих зданий котельных с серийными вертикально ориентированными водогрейными котлами. В работе показано, что разработанные авторами горизонтальные водогрейные котлы работают экономично и надежно с 2011 г. в ряде котельных г. Алматы. Тепловые испытания, проведенные на котле № 5 котельной «Акселькент», подтвердили высокие технико-экономические показатели работы котла. Тепловая мощность котла в процессе испытаний изменялась от 25,18 МВт (21,71 Гкал/час) до 49,6 МВт (42,77 Гкал/час), расход газа калорийностью 8289,3 ккал/м³ варьировался от 2700 м³/час до 5566 м³/час. Избыток воздуха α в уходящих газах составил соответственно от 1,36 до 1,16. На номинальной нагрузке по результатам экстраполяции экспериментальных данных температура уходящих газов составила 160 °С, а КПД брутто котла 92,5%. В настоящее время по результатам теплотехнических испытаний водогрейный котел доработан, в топочной камере установлен дополнительный двухрядный огибающий экран, который позволил заметно улучшить тепловые характеристики котла за счет интенсификации теплообмена и снизить температуру уходящих газов за котлом с увеличением КПД котла до уровня 93–93,5% на номинальной нагрузке.

Ключевые слова: водогрейный котел, тепловые испытания, двусветный экран, радиационный и конвективный теплообмен, повышение надежности, эффективность работы

DEVELOPMENT AND OPERATION EXPERIENCE OF HORIZONTAL KV-GM-55-150 HOT-WATER BOILER

Orumbaev R.K., Kibarin A.A., Korobkov M.S., Khodanova T.V.

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, e-mail: kibarin@rambler.ru

The article is dedicated to problems of development of the economical efficient and seismic resistant hot-water boilers. This problem for high seismic level regions authors propose to solve by development of constructions of the seismic resistant horizontal KV-GM hot-water boilers of the heat power output of 35-55 MW. The location of boilers could be into the boiler houses with max high of 9m and it is much lower than the conventional existed boiler houses with the typical vertical hot-water boilers. In the article is mentioned that developed horizontal hot-water boilers works with high levels of reliability and efficiency on the modernized boiler houses in Almaty city since 2011. Provided thermal tests of the boiler № 5 of «Aksel'kent» boiler house approved its high techno-economic operation parameters. During the tests the heat power output of the boiler were increasing from 25.18 MW (21.71 Gcal/hr) up to 49.6 MW (42.77 Gcal/hr), gas flow (gas net heat value 8289.3 ccal/m³) measures were from 2700 m³/hr up to 5566 m³/hr. Air excess level (α) of the flue gases was between 1.36 and 1.16 accordingly to the named power output rates. Results of the extrapolation of the experimental data of the boiler operation on nominal heat rate shows that the temperature of the flue gases is 160 °C and the boiler efficiency rate brut is 92.5%. Today based on thermal tests' results the hot-water boiler is modernized, into the furnace is placed additional two-rows round furnace screen that gives increase of thermal output parameters by the intensification of heat transfer and decrease the temperature of flue gases after the boiler with sufficient increase of boiler efficiency rate up to 93-93.5% on the nominal power rate.

Keywords: hot water boiler, thermal tests, bi-radiated furnace screen, radiation and convective heat exchange, reliability increase, work efficiency

В настоящее время большое количество устаревших конструкций водогрейных котлов средней мощности, эксплуатируемых в Республике Казахстан, имеют низкую эффективность и надежность. Основные конструкции водогрейных котлов КВ-ГМ и ПТВМ разрабатывались в середине прошлого века [1–4]. Замена более 130 водогрейных котлов средней мощности, таких как ПТВМ-30М, ПТВМ-100 и некоторых котлов серии КВ-ГМ с фактическим КПД от 89% до 90% [5], на новые эффективные и сейсмостойкие водогрейные котлы с более высоким КПД по Республике Казахстан позволит сэкономить до полумиллиона

тонн условного топлива в год и значительно сократить удельные выбросы токсичных и парниковых газов.

Цель исследования: опытная оценка теплотехнических характеристик новых горизонтальных водогрейных котлов КВ-ГМ-55-150, разработанных авторами по техническому заданию ТОО «АТКЭ», с целью увеличения единичной мощности и плановой замены морально устаревших котлов серий ПТВМ-30МС, ПТВМ-50 и ПТВМ-100.

Водогрейные котлы ПТВМ имеют башенную компоновку и значительную высоту до 17,6 м. Для обслуживания башенных

водогрейных котлов требовались высокие здания, и в сейсмической зоне до 9 баллов они оборудовались мощным сейсмостойким несущим каркасом. При этом расход металла возрастал до 100% к весу металла собственно котла, что приводило к существенному удорожанию с учетом увеличения стоимости монтажных работ. Поэтому давно существовавшую проблему для сейсмических районов авторы предложили решить, разработав сейсмостойкий горизонтальный водогрейный котел КВ-ГМ-55 с размещением его в здании высотой всего до 9,0 м, т.е. значительно ниже существующих зданий котельных с серийными вертикально ориентированными водогрейными котлами, в том числе и ПТВМ-50.

Новая конструкция водогрейного котла своими нижними коллекторами (камерами) опирается непосредственно на фундамент специальными «скользящими» упорами вместе с конвективной частью. На рис. 1 приведен общий вид нового водогрейного котла КВ-ГМ-55-150 и каркас котельной высотой всего 9 м в свету.



Рис. 1. Общий вид нового водогрейного котла КВ-ГМ-55-150

Нижние коллекторы боковых экранов на расстоянии до 8 м от фронтального экрана фиксируются анкерными болтами к фундаменту. Появлялась возможность теплого расширения топочной части котла в сторону фронта при работе, а всей конвективной тыльной стороны расширяться в сторону газохода котла. Газоход котла выполнен с тепловым компенсатором, и вторая часть свободно расширяется в тыльную сторону котла.

Общая гидравлическая схема водогрейного котла КВ-ГМ-55 запатентована действующими Патентами РК [6, 7]. Циркуляция воды в водогрейном котле по [6] осуществляется двумя параллельными потоками с общим расходом воды через котел до 658 (700) м³/час по 329 (350 м³/час) по каждой симметричной стороне водогрейно-

го котла от топки и по всей конвективной части котла.

Для обеспечения доступа ко всем трубным поверхностям нагрева под первой и второй конвективными частями выполнены люк-лазы, защищенные и оформленные теплоизоляционной обмуровкой.

На фронтальном экране параллельно установлены две газо-мазутные горелки РГМГ-30 (РФ), факелы которых развиваются горизонтально в сторону тыла топки и перпендикулярно омывают трубы поворотного экрана ударяются о цельносварные трубы тыльного экрана и, проходя нижние фестонные трубы, оказываются под конвективными пакетами труб первой конвективной части. Далее газовый поток поднимается и омывает шахматные конвективные пакеты труб первой конвективной части по противоточной схеме и в верхней части, проходя через разведенные трубы промежуточного фестонного экрана, опускается и обтекает шахматные конвективные трубы второй конвективной части и по газоходу с тепловым компенсатором выводятся за пределы котла.

Материалы и методы исследования

Для проведения теплотехнических испытаний водогрейного котла № 5 КВ-ГМ-55-150 в котельной «Акселькент» были выполнены подготовительные работы по оснащению измерительными приборами, термометрами, термопарами с вторичными приборами, газоанализатором и с компьютерным дублированием (АСУ ТП) измеряемых характеристик котла на восьми режимах по тепловой мощности в соответствии с типовыми методиками испытаний.

Котел КВ-ГМ-55 был запущен в эксплуатацию в октябре 2011 г. и выведен на режим с расходом воды $G = 658$ т/час, ($t_1 = 63$ °С, $t_2 = 128$ °С, $t_{yx} = 154$ °С), гидравлическое сопротивление котла составило порядка 0,23 МПа (2,3 кгс/см²), КПД = 92,86% при тепловой мощности 49,61 МВт (42,77) Гкал/час. В соответствии с потребностью микрорайонов вокруг котельной «Акселькент» (г. Алматы) тепловая нагрузка котла соответствовала расчетным проектным показателям. Результаты испытаний и эксплуатационные показатели работы котла практически совпали с расчетными результатами разработчиков конструкции котла, а также с проектными показателями.

Новая компоновка из двух рядом расположенных конвективных частей с пакетами из труб диаметром $\varnothing 32 \times 3$ мм реализована в идентичных конструкциях горизонтальных водогрейных котлов КВ-ГМ-35, КВ-ГМ-40 и КВ-ГМ-50. В новой компоновке двух конвективных частей, как в первой части, так и во второй части, поток воды и продуктов сгорания были выполнены по схеме противотока, которые позволяли поддерживать высокий уровень температурного напора и, соответственно, теплоотдачи от газового потока к трубам по всей высоте двух конвективных пакетов труб. Скорость воды в каждом ходе конвективных труб изменялась варьированием числа рядности труб в пакетах и в зависимости от скорости омываемого газового потока.

Фронтной, два боковых, верхний, нижний, поворотный и тыльный экраны позволили создать симметричную конструкцию [6, 7]. Экраны выполнены цельносварными, мембраны (плавники) поочередно были смещены в противоположные стороны от диаметральной плоскости между трубами с шагом $s/d = 1,4$ ($d = 57 \times 4$ мм) по [8]. Смещенные поочередно в противоположные стороны от диаметральной плоскости мембраны (плавники) топочных экранов обеспечивали более равномерный прогрев по периметру экранных труб. В новой конструкции цельносварных экранов котлов с поочередно смещенными мембранами эпюры изгибающих моментов, возникающих из-за неравномерного прогрева по периметру труб, частично уравниваются, так как направлены в противоположные стороны. Цельносварной экран с поочередно смещенными в разные стороны от диаметральной плоскости мембранами [8] образует жесткую конструкцию. Собранные таким образом экраны обеспечивают достаточную плотность в топке и делают конструкцию котла более прочной и практически невосприимчивой к хлопкам и взрывам в объеме топки, и тем более к переменным тепловым нагрузкам.

В водогрейном котле КВ-ГМ-55 в наиболее теплонпряженной части поворотного экрана в топке экраняющего и защищающего собой фестонный экран, движение воды выполнено только восходящим, что допускает значительное форсирование теплового напряжения в топке на расчетных топливах. Конструкция котла с наиболее теплонпряженными экранами, в которых выполняется подъемное движение воды, является наиболее надежной с точки зрения

эксплуатации котла в реальных условиях работы. Максимальный достигнутый при испытаниях расход воды через котел КВ-ГМ-55 составляет 658 м³/час при перепаде давлений на входе и выходе 0,35 МПа, при этом номинальный расход воды через обычный вертикальный водогрейный котел КВ-ГМ-50 составляет 618 м³/час.

Котел КВ-ГМ-55 проработал семь отопительных сезонов в автоматическом режиме вместе со вспомогательным оборудованием (АСУ ТП) и с поддержанием мазутного хозяйства котельной в рабочем состоянии. Изменений, деформаций, течей и конденсации воды на поверхности труб экранов, пакетов и коллекторов до настоящего времени обнаружено не было.

В процессе испытаний тепловая мощность котла изменялась от 25,18 МВт (21,71 Гкал/час) до 49,6 МВт (42,77 Гкал/час), расход газа калорийностью 8289,3 ккал/м³ варьировался от 2700 м³/час до 5566 м³/час. Избыток воздуха α в уходящих газах составил соответственно от 1,36 до 1,16, а содержание окиси углерода СО в уходящих газах было ноль процентов. Качество сжигания контролировалось анализом газа непрерывно.

На рис. 2 представлены сравнительные характеристики по отношению конвективной поверхности H_k к радиационной поверхности H_p для водогрейных котлов с классической компоновкой [1, 9–11] и для нового водогрейного котла с горизонтальной компоновкой. Сравнение показывает совпадение значений отношения конвективной поверхности к радиационной поверхности, что показывает правильность соотношений количества тепла воспринимаемого конвективной и радиационной частями котлов.

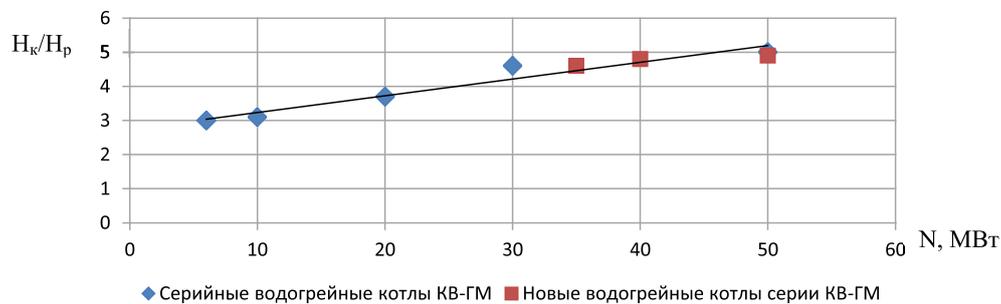


Рис. 2. Сравнительные характеристики по отношению H_k к H_p для серийных и новых водогрейных котлов

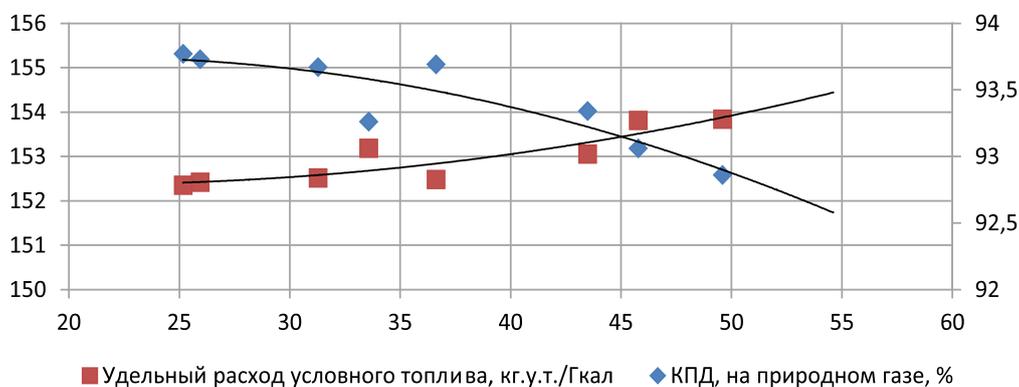


Рис. 3. Основные эксплуатационные теплотехнические характеристики КВ-ГМ-55

Совпадение значений по рис. 2 доказывает правильность выполненных тепловых расчетов для новых водогрейных котлов с горизонтальной компоновкой, основанных на нормативных правилах и формулировках и подтверждающих действующие закономерности лучистого и конвективного теплообмена в котлах.

На рис. 2 приведены данные для новых водогрейных котлов КВ-ГМ-35, КВ-ГМ-40 и КВ-ГМ-55. Связь между тепловой мощностью котла и отношением N_k/N_p можно представить в виде линейной зависимости

$$N_k/N_p = 0,05 \cdot N + 2,7,$$

которая хорошо согласуется с проектными данными серийных и новых водогрейных котлов типа КВ-ГМ.

Сравнение показывает, что отношение общей поверхности нагрева ΣH к тепловой мощности N новых котлов выше на 13–15%, чем у традиционных водогрейных котлов, в диапазоне по тепловой мощности выше 30 МВт и до 70 МВт. Это позволяет существенно расширить возможности по увеличению тепловой производительности и снизить тепловую нагрузку поверхностей нагрева котла в топочной камере при номинальных нагрузках, а также увеличить срок службы котлов при соблюдении правил эксплуатации и консервации при сезонном простое.

На рис. 3 приведены показатели по коэффициенту полезного действия η (брутто) котла и удельному расходу условного топлива. Полученные экспериментальные данные в целом совпадают с расчетными характеристиками разработчиков котлов и результатами моделирования в программе BOILER DESIGNER [12].

Результаты исследования и их обсуждение

Экстраполяция результатов экспериментов на номинальную нагрузку показывает, что температура уходящих газов составляет 160 °С, а КПД брутто котла 92,5%. Что значительно выше большинства ныне эксплуатируемых котлов в системе котельных АО «АТКЭ» [5, 13].

Опыт эксплуатации первых шести водогрейных котлов КВ-ГМ-55 и КВ-ГМ-35 начиная с 2012 г. в котельных «Акселькент» и «Елисейские поля» (г. Алматы) в системе ТОО «АТКЭ» при работе на природном газе с АСУ ТП показал, что в процессе эксплуатации поддерживается высокий уровень КПД, низкий уровень вредных и парниковых газов, при соблюдении в хорошем состоянии поверхностей нагрева котлов. За период эксплуатации новых котлов (9 штук) до настоящего времени квалифицированный персонал соблюдает и выполняет жесткие требования по соблюдению режимов, по качеству питания котлов химически очищенной водой, а также грамотно проводит консервацию котлов в летний период вынужденного простоя.

В настоящее время в г. Алматы успешно работают три водогрейных котла новой компоновки КВ-ГМ-55 и шесть водогрейных котлов КВ-ГМ-35 и КВ-ГМ-40. На

основные типоразмеры водогрейных котлов серии КВ-ГМ мощностью до 145 МВт разработаны новые технические условия (СТП), зарегистрированные в АГУЧС города Алматы и Госстандарте (г. Астана).

В настоящее время авторами и разработчиками доработаны конструкции водогрейных котлов КВ-ГМ-55, КВ-ГМ-35 и КВ-ГМ-40, учтены все особенности и замечания эксплуатирующих организаций. В топочной камере установлен дополнительный двухрядный огибающий экран, являющийся дополнительной радиационной поверхностью и увеличивающий интенсивность дожига газа газового факела. Эффективность применения двусветных экранов в водогрейных котлах подробно рассмотрена в работах [13–16]. Технические параметры котла доведены до следующих значений: радиационная поверхность нагрева составила $H_p = 286,7 \text{ м}^2$, конвективная поверхность нагрева $H_k = 1406 \text{ м}^2$, объем топки $V_T = 313,3 \text{ м}^3$. Установка дополнительно двухрядного огибающего экрана перед поворотным экраном в конце топки позволила заметно улучшить тепловые характеристики котла за счет интенсификации теплообмена и снизить температуру уходящих газов за котлом с увеличением КПД котла [6] до уровня 93–93,5% на номинальной нагрузке.

В настоящее время в рамках грантового финансирования Комитета Науки МОН РК по проекту АР № 05133388 продолжается обобщение опыта эксплуатации новых эффективных водогрейных котлов средней и малой тепловой производительности на примере котлов КВ-ГМ-40, КВ-ГМ-35, КВ-ГМ-55, КВ-ГМ-7,56, КВ-ГМ-3,65 и серии котлов КСГн.

Выводы

В системе ТОО «АТКЭ» успешно эксплуатируются водогрейные котлы нового поколения КВ-ГМ-55, КВ-ГМ-40, КВ-ГМ-35, которые по основным параметрам – тепловой мощности, маневренности, надежности, экономичности, КПД и удельным выбросам вредных веществ в атмосферу превосходят аналогичные конструкции водогрейных котлов.

Результаты наладочных и режимных теплотехнических испытаний подтвердили основные расчетные параметры заложенные разработчиками в конструкцию горизонтального водогрейного котла КВ-ГМ-55. На номинальной нагрузке по результатам экстраполяции экспериментальных данных температура уходящих газов составила 160 °С, а КПД брутто котла 92,5%. Опыт эксплуатации показал, что в процессе работы поддерживается высокий уровень КПД,

низкий уровень вредных выбросов и выбросов парниковых газов, при соблюдении в хорошем состоянии поверхностей нагрева котлов. В настоящее время по результатам теплотехнических испытаний водогрейный котел доработан, в топочной камере установлен дополнительный двухрядный огибающий экран, который позволил заметно улучшить тепловые характеристики котла за счет интенсификации теплообмена и снизить температуру уходящих газов за котлом с увеличением КПД котла до уровня 93–93,5% на номинальной нагрузке.

Список литературы

1. Котлы водогрейные мощностью от 11,63 и до 209 МВт. Каталог для проектирования котельных. Т. 2. 4-е изд. Дорогобужкотломаш, 2007. 80 с.
2. Документация на котлы // Вебсайт АО «Дорогобужкотломаш» [Электронный ресурс]. URL: <http://dkm.ru/documentation/documentation-for-boilers> (дата обращения: 30.10.2018).
3. Бузников Е.Ф., Родатис К.Ф., Берзиньш Э.Я. Производственные и отопительные котельные. 2-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1984. 248 с.
4. Орумбаев Р.К., Орумбаева Ш.Р. Оценка экономического и экологического эффекта при замене морально устаревших водогрейных котлов в Республике Казахстан // Actual Problems of Economics. Киев. 2012. № 5. С. 38–43.
5. Дукенбаев К.Д. Энергетика Казахстана и пути ее интеграции в мировую экономику. Алматы: Гылым, 1996. 530 с.
6. Орумбаев А.Р., Орумбаева Ш.Р., Орумбаев Р.К. Водогрейный котел // Патент Республики Казахстан № 25337. Оpubл. бюлл. № 12. от 20.12.2011 г.
7. ПОрумбаев А.Р., Орумбаева Ш.Р. и др. Водогрейный котел // Патент на полезную модель Республики Казахстан № 2864. Оpubл. бюлл. № 21. от 16.06.2018 г.
8. Орумбаев Р.К., Чижов В.Э. и др. Водогрейный котел // Патент Республики Казахстан № 11229. Оpubл. бюлл. № 2. от 15.02.2002 г.
9. Спильник Е.Р., Шемякин В.Н., Хоменок Л.А. Пути повышения энергоэффективности и улучшения эксплуатационных характеристик водогрейных котлов ПТВМ // Надежность и безопасность энергетики. 2012. № 3 (18). С. 44–46.
10. Orumbayev R.K., Khodanova T.V., Kibarin A.A., Korobkov M.S. Efficiency assessment of bi-radiated screens and improved convective set of tubes during the modernization of PTVM-100 tower hot-water boiler based on controlled all-mode mathematic models of boilers on Boiler Designer software. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 136. Paper ID 012016.
11. Дахов А.И., Рязанев С.М., Страхов М.Ю. и др. Пути повышения производительности, надежности и экономичности водогрейных котлов ПТВМ-100: аналит. обзор. Алмата: КазНИИНТИ, 1989. 81 с.
12. Доверман Г.И., Мошкарин А.В., Шельгин Б.Л., Мельников Ю.В. Расчет котельных агрегатов с использованием современных программных продуктов: учеб. пособие. Иваново ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2007. 220 с.
13. Барабаш В.В. Модернизация водогрейных котлов КВ-ГМ и ПТВМ: о внедренных технических решениях и новых разработках // Новости теплоснабжения. 2013. № 04 (152). URL: <http://www.rosteplo.ru/nt/152> (дата обращения: 22.10.2018).
14. Лавренцов Е.М. Новые конструктивные решения при создании водогрейных котлов с высокими технико-экономическими показателями // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2007. № 1. С. 57–64.
15. Варичев О.В. Оснащение водогрейных котлов двухветными экранами // Электрические станции. 1977. № 7. С. 79–80.
16. Овчинников В.А., Петриков С.А., Крылов А.К. Обобщение опыта эксплуатации водогрейных котлов ОАО Дорогобужкотломаш // Теплоэнергетика. 2011. № 12. С. 22–46.

УДК 691.4:693.556

**РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОФОРМЫ
ДЛЯ СВАИ С РЕБРИСТОЙ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ****Саввина А.Е., Егорова А.Д., Набережный А.Д., Бочкарев Д.А.***Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, e-mail: a.s.-7@mail.ru*

В настоящей статье показаны особенности технологии производства свайных фундаментов на примере Республики Саха (Якутия), территория которой находится в трех климатических зонах и зоне сплошного распространения вечномерзлых грунтов. Обосновываются преимущества применения свай с ребристой боковой поверхностью в условиях вечномерзлых грунтов по сравнению с обычными буронабивными и буронабивными сваями. Экспериментально определено, что наибольшая несущая способность свай обеспечивается при угле наклона нижних граней ребер 55° , что объясняется увеличением задействованного в восприятии нагрузок объема массива грунтового раствора и грунта. Однако массового производства таких свай нет в связи с отсутствием обоснованных проектных решений и экономических расчетов по изготовлению металлической формы для их производства. Приведены результаты расчета и проектирования металлоформы для ребристой сваи на базе конструкции завода «М-Конструктор». Разработанная металлоформа состоит из основания, откидывающихся бортов на фланцевых соединениях и крышки. Представлены рекомендуемая технология производства свай с ребристой боковой поверхностью, а также достигаемый технико-экономический эффект при их внедрении в строительство за счет значительного увеличения несущей способности ребристой сваи.

Ключевые слова: металлическая форма, ребристая свая, технология производства ребристой сваи, вечномерзлый грунт

**DEVELOPMENT AND DESIGN OF THE METALFORM
FOR THE PILE WITH THE RIBBED SIDE SURFACE****Savvina A.E., Egorova A.D., Naberezhnyy A.D., Bochkarev D.A.***North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: a.s.-7@mail.ru*

Features of the production technology of the pile bases on the example of the Sakha (Yakutia) Republic which territory extends in three climatic zones and a zone of continuous distribution of permafrost soil are shown in the present article. Advantages of application of piles with a ribbed side surface in the conditions of permafrost soil in comparison with usual drill lowering and bored piles are proved. It is experimentally defined that the greatest bearing ability of a pile is provided at a tilt angle of the lower sides of edges 55° that is explained by increase in the volume of the massif of soil solution and soil involved in perception of loadings. However there is no mass production of such piles due to the lack of reasonable design solutions and economic calculations for production of a metal form for their production. Results of calculation and design of a metalform for a ribbed pile on the basis of a design of the M-Konstruktor plant are given. The developed metalform consists of the basis, the leaning-back boards on flange connections and covers. Are presented the recommended production technology of piles with a ribbed side surface and also the reached technical and economic effect at their introduction to construction due to significant increase in the bearing ability of a ribbed pile.

Keywords: metal form, ribbed pile, production technology of a ribbed pile, permafrost

Выбор методов организации и технологии строительства в условиях вечномерзлых грунтов во многом определяется суровыми природно-климатическими и мерзлотно-грунтовыми условиями. По СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» по I принципу вечномерзлые грунты основания используются в мерзлом состоянии, сохраняемом в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации здания или сооружения, а по II принципу – в оттаянном или оттаивающем состоянии.

Республика Саха (Якутия) площадью 3,1 млн км² находится в зоне сплошного распространения вечномерзлых грунтов. В подавляющем большинстве в республике применяется I принцип использования вечномерзлых грунтов. Для сохранения мерзлого состояния грунтов предусматривают

ряд мероприятий для уменьшения теплового воздействия здания или сооружения на грунты, например таких, как устройство проветриваемых подполий, устройство охлаждающих труб; применение сезонно-действующих охлаждающих устройств и т.д.

В условиях скальных или других малосжимаемых при оттаивании грунтов используется II принцип, чаще всего в Якутии это районы с развитой горной промышленностью.

При строительстве в республике зданий и сооружений по I принципу основными типами фундаментов являются свайные и столбчатые, типа «колонна с башмаком».

В Якутии в массовом строительстве применяют железобетонные буронабивные сваяи свай квадратного сечения. Сваи имеют высокую степень индустриальности, однако дороги и трудоемки. Более экономичны бу-

ронабивные сваи за счет уменьшения накладных и транспортных расходов, однако сезонность строительства в республике и отдаленность многих районов от центров производства строительных материалов приводит к увеличению сроков строительства при использовании данного вида свай.

Несущая способность буроопускных свай зависит от прочности смерзания боковой поверхности сваи с грунтовым раствором и прочности смерзания грунтового раствора с грунтом основания. Повышение несущей способности возможно двумя способами – конструктивным и технологическим. Анализ литературы выявил достаточное количество конструктивных вариантов буроопускных свай для вечномерзлых грунтов, так, например, сваи с выпусками арматуры на боковых гранях сваи [1] или с расширяющимся кожухом [2], с гофрированной боковой поверхностью [3].

Испытания моделей ребристых свай (буроопускная свая с ребристым боковым покрытием, патент № 2469150 Учреждение Российской академии наук – Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Г.П. Кузьмин, Р.В. Чжан, В.А. Ремизов

(рис. 1), с различным шагом ребер показало увеличение несущей способности по сравнению с гладкой в аналогичных условиях [4].

В случае с гладкой боковой поверхностью сваи несущая способность основания обеспечивается преимущественно за счет прочности грунтового раствора сдвигу по поверхности смерзания с поверхностью сваи. Грунт или грунтовый раствор эффективнее работает на сжатие, поэтому следует изменять характер передачи нагрузки от сваи к мерзлым грунтам основания. При наличии ребер на боковой поверхности грунт или грунтовый раствор под нижними гранями ребер работает преимущественно на сжатие. По результатам испытаний моделей свай на статические вдавливающие нагрузки наибольшая несущая способность была получена при угле наклона нижних граней ребер 55° (рис. 2). Это объясняется тем, что при этом угле наклона нижних граней ребер к продольной оси сваи объем массива грунтового раствора и грунта, задействованного в восприятии нагрузок, увеличивается. Основную часть нагрузки воспринимает грунтовый раствор, однако грунт за пределами скважины также включается в работу.

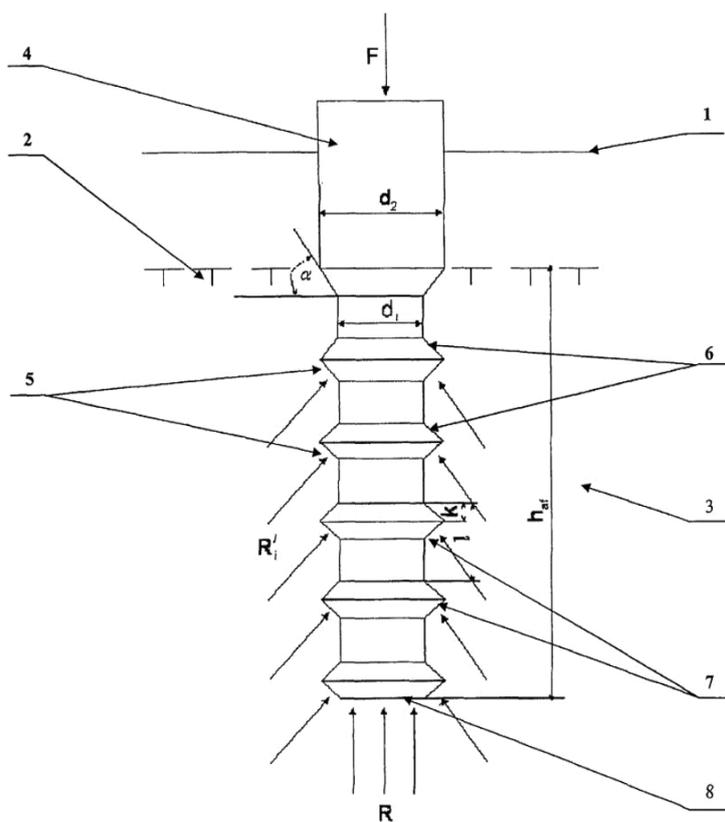


Рис. 1. Буроопускная свая с ребристым боковым покрытием: 1 – граница поверхности земли, 2 – граница сезонного протаивания, 3 – вечномерзлый грунт, 4 – головка сваи, 5 – зубцы сваи, 6 – верхние грани зубцов, 7 – нижние грани зубцов, 8 – нижний торец сваи

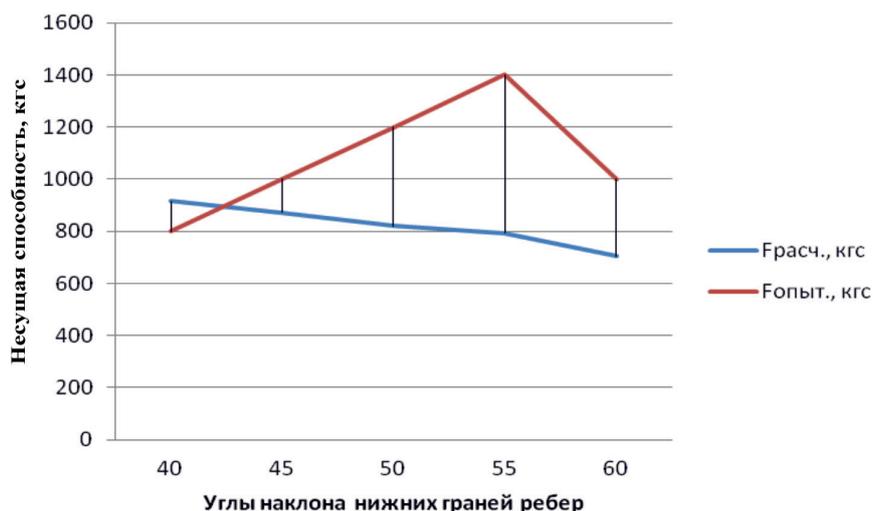


Рис. 2. График зависимости опытных и расчетных значений несущих способностей от угла наклона граней ребер, кгс

При увеличении угла наклона нижних граней ребер грунтовый раствор начинает работать преимущественно на сдвиг по поверхности смерзания со сваей, как в случае с гладкой сваей. При уменьшении угла наклона ребер прочность грунтового раствора обеспечивается за счет прочности грунтового раствора сдвигу между ребер, как в случае с винтовой сваей.

Таким образом, обоснована форма и параметры свай с ребристой поверхностью, но для их массового выпуска необходима разработка и проектирование формы, а также ее адаптация в технологический процесс производства. При этом сваи должны соответствовать требованиям ГОСТ 19804-91 [5].

Металлоформы для свай – один из ключевых элементов производственного комплекса. Форма должна быть надежной, простой в использовании и долговечной. Каркас конструкции изготавливается в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ 25781-83 [6]. Одним из основных требований к формам для изготовления сборных железобетонных изделий является простота в сборке, эксплуатации и ремонте.

Цель исследования: разработка и проектирование металлоформы для буропускных свай с ребристым боковым покрытием для эксплуатации в вечномерзлых грунтах.

Материалы и методы исследования

Железобетонные сваи изготавливаются опалубочным способом в металлоформах: армирующий каркас заливают бетоном, который уплотняется посредством вибрации. Для сокращения времени набора распалубочной прочности изделий форма с бетоном может помещаться в пропарочную камеру или при

оснащении пропарочной рубашкой или регистром подогреваться горячей водой или перегретым паром.

В патенте [7] предложена многоместная форма для формирования длинномерных железобетонных изделий квадратного сечения, в которой, по крайней мере в одном из торцевых бортов, напротив каждого формовочного отсека, выполнены формообразующие элементы, установленные с возможностью перемещения вдоль своей оси. Рабочий конец каждого формообразующего элемента, предназначенный для образования продольного гнезда в бетоне торца свайного модуля, размещается в отверстии торцевого борта с возможностью выдвижения в формовочный отсек. Хвостовой конец формообразующего элемента проходит через отверстие в выносном элементе, коаксиальное отверстию торцевого борта формы, и снабжен фиксатором, предназначенным для фиксации положения формообразующего элемента. Каждый формообразующий элемент выполнен в виде подвижного стержня.

Для изготовления свай с ребристой боковой поверхностью возможно применение металлоформ прямоугольного сечения с ребрами только в двухместном варианте с оптимальной длиной 8 м. При возникновении потребности производства цельковых свай большей длины форма может быть изготовлена в виде составной конструкции. В этом случае она может увеличиваться в длину за счет присоединения надставки, которая закрепляется с помощью фланцевого соединения.

Являясь многоместными, формы позволяют выстраивать технологические линии до 150 м, формовочные места, как в длину, так и в ширину состояются сегментами и крепятся фланцевыми соединениями. Количество оголовников и отсекаелей длины изготавливается исходя из потребностей производства [8].

В результате анализа конструкций металлоформ в качестве аналога для опалубки свай с ребристой боковой поверхностью была выбрана конструкция завода «М-Конструктор» (Исковская область) для гладких свай.

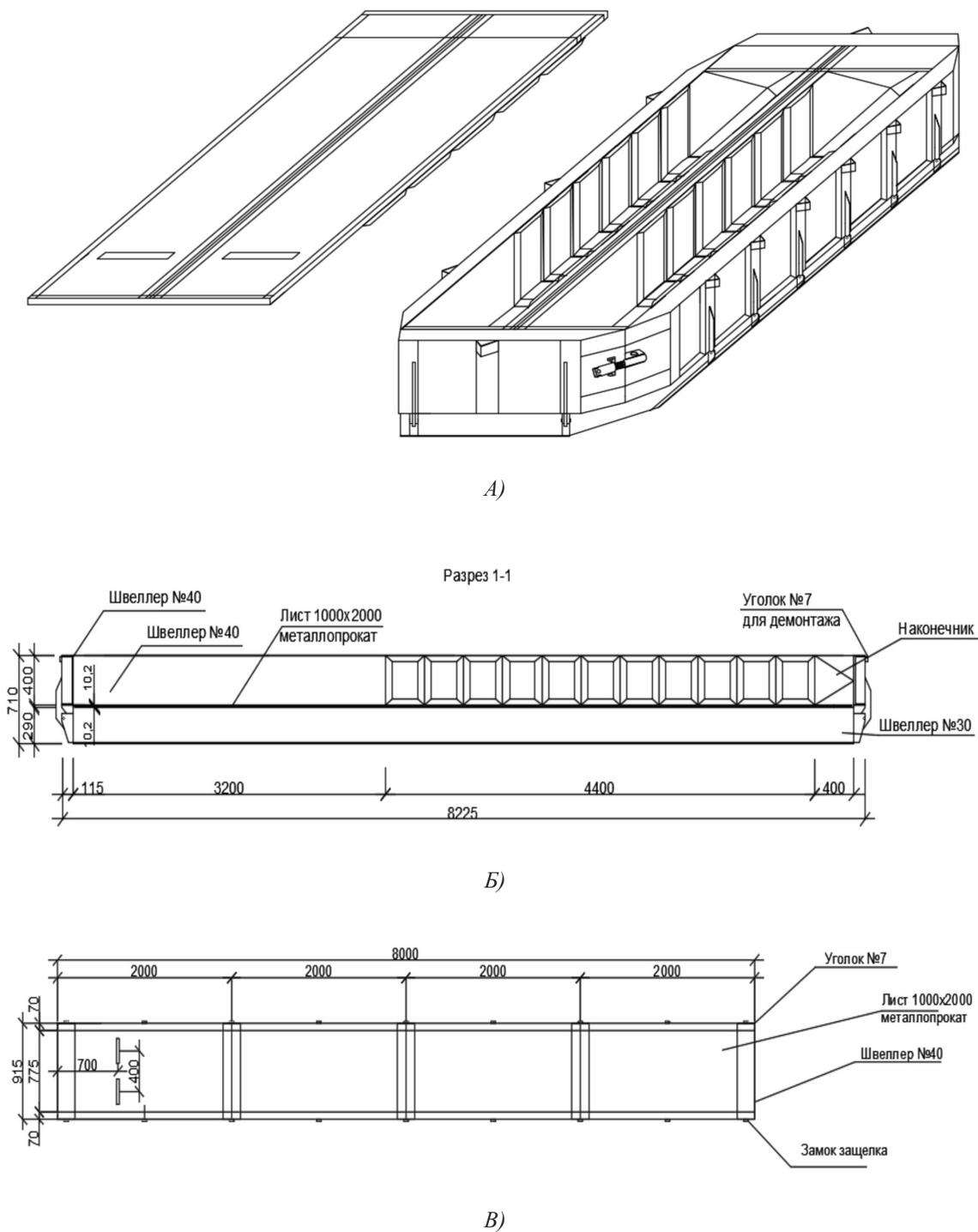
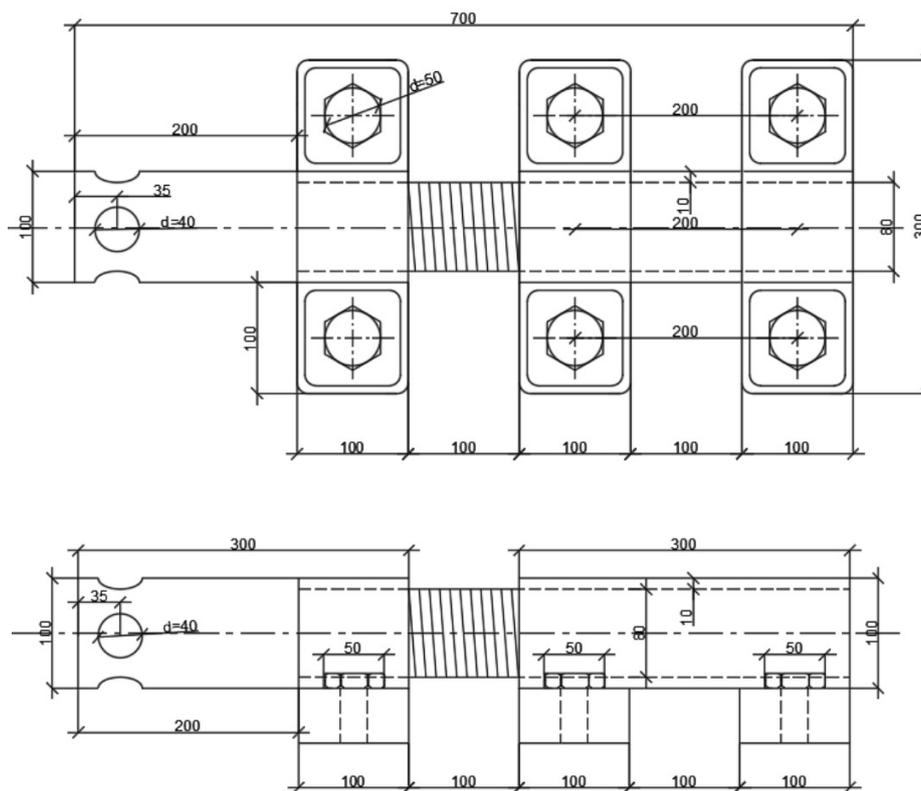


Рис. 3. Общий вид проектируемой металлической формы для свай с ребристой боковой поверхностью: А) двухместная форма для ребристых свай; Б) Разрез формы, ребра опалубки из прокатной стали; В) Вид сверху крышки формы

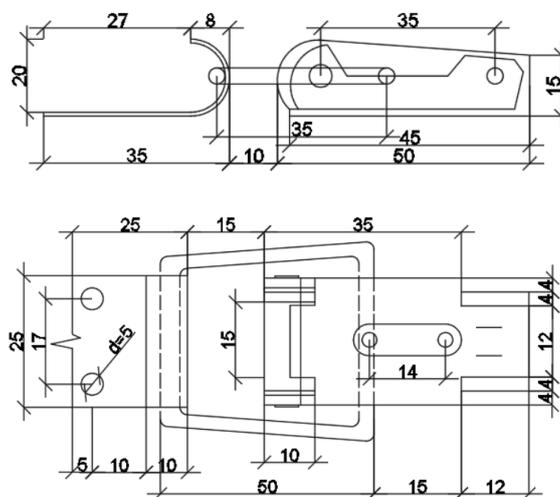
Расчет металлоформы для свай с ребристой боковой поверхностью был произведен согласно ГОСТ 25781-83 [6] и [9]. В ходе расчетов была разработана форма для свай с ребристой боковой поверхностью, состоящая из основания для формы, откидывающих

ся бортов на фланцевых соединениях и крышкой с общими размерами 400x8000x400 мм и со следующими параметрами (рис. 3–4):

– внутренняя ширина формы 796 мм, внутренняя высота 396 мм;



А)



Б)

Рис. 4. Элементы сборно-разборной металлической формы: А) Соединение бортов; Б) Замок-защелка

– углы наклона ребер 55° , при которых зафиксирована наибольшая несущая способность по результатам испытаний;

– для металлоформы подобрана инструментальная сталь С120 (швеллер № 30; швеллер № 40; уголок № 7; прокатный лист; наконечник сваи; крепление стенок; замок-защелка; петли);

– основание формы швеллера № 30 длиной 8 и шириной 1,15 м.

Крышка формы была спроектирована таким образом, чтобы ее вес придавал дополнительную жесткость верхней части ребер, крепление с помощью замка-защелки (рис. 4, Б) имеет оптимальные размеры для размещения на ней навесных вибраторов.

Материалы: основные направляющие в виде Угол-ка № 7 и приваренные к ним играющие роль ребер жёсткости швеллеры № 40, металлопрокат лист 1000х2000 (рис. 3, В). Борты формы соединены на резьбе (рис. 4, А).

Результаты исследования и их обсуждение

Запроектированная форма по основной классификации [10] относится к сборно-разборной переносной, поэтому полностью адаптирована к агрегатно-поточному способу изготовления конструкций. Данный способ характеризуется: расчленением технологического процесса на отдельные операции или их группы; выполнением нескольких разнотипных операций на универсальных агрегатах; наличием свободного ритма в потоке; перемещением изделия от поста к посту; формы и изделия переходят от поста к посту с произвольным интервалом, зависящим от длительности операции на данном рабочем месте, которая может колебаться от нескольких минут (например, смазка форм) до нескольких часов (пост твердения отформованных изделий) [11].

Для получения гладкой и ровной поверхности изделий и облегчения процесса распалубки поверхность формы необходимо смазывать эмульсией «масло в воде» (прямая эмульсия) с содержанием эмульсола ЭКС в количестве 10 мл на 100 мл смазки. Наносится распылением через форсунку, расход составляет 200...300 г на 1 м² поверхности формы.

Бетонная смесь подвижностью 10–15 см (П-3) укладывается в форму, где предварительно размещены арматурные каркасы, зафиксированы закладные детали, установлены фиксаторы защитного слоя бетона. Для уплотнения бетонной смеси форма закрепляется на виброплощадке с частотой 3000 кол/мин и амплитудой $A = 0,6$ мм.

Тепловая обработка производится в камерах, стойки с кронштейнами в которых установлены на расстоянии 830 см. Согласно [11] для обычных бетонов общестроительного назначения, приготовленных на портландцементе, изотермическая выдержка осуществляется при температуре 80...85 °С, бетонов с повышенными требованиями по морозостойкости и водонепроницаемости – при 60...70 °С.

Заключение

Расчет технико-экономических показателей определил стоимость металлической формы для сваи с ребристой боковой поверхностью длиной 8 м – 1,093 млн руб. Определено, что экономический эффект достигается за счет значительного увеличения несущей способности ребристой сваи, так как при этом уменьшается необходимое количество свай или уменьшается глубина их заложения.

Список литературы

1. А.с. 606926 (СССР), МПК E02D 5/54. Свая / Роман Л.Т., Пахомова Г.М., Наумов В.П. (СССР), 32015695/29-33; заявлено 16.04.74; опубл. 15.05.78, Бюл. 18. С. 2.
2. Колесов А.А., Горностаев А.В. Способ возведения свай на вечномёрзлых грунтах // Патент № 2117107. Патентообладатель Государственный институт по проектированию оснований и фундаментов «Фундаментпроект». 1998.
3. Войтковский К.Ф., Мельников П.И., Порхаев Г.В., Вотьяков И.Н., Гончаров Ю.М., Гречишев С.Е., Жигульский А.А., Кротов В.М., Лукин Г.О. Фундаменты сооружений на мерзлых грунтах в Якутии. М.: Изд-во «Наука», 1968. 198 с.
4. Набережный А.Д., Саввина А.Е. Экспериментальные исследования висячих свай и способы повышения их несущей способности // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 8. С. 70–74.
5. ГОСТ 19804-91 Сваи железобетонные. Технические условия [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000302/> (дата обращения: 17.09.2018).
6. ГОСТ 25781-83 Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Технические условия (с изменениями № 1, 2). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000336/> (дата обращения: 17.09.2018).
7. Аббасов П.А., Аббасов А.П., Абрамов В.Е. Многоместная форма и способ формирования железобетонных свайных модулей // Патент РФ № 2325276. Патентообладатель Аббасов П.А., Аббасов А.П., Абрамов В.Е. 2008. Бюл. № 15.
8. ГОСТ Р 52086-2003 Опалубка. Термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200031994/> (дата обращения: 17.09.2018).
9. Руководство по расчету и проектированию стальных форм. НИИЖБ Госстроя СССР [Электронный ресурс]. URL: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293763/4293763073.htm/> (дата обращения: 17.10.2018).
10. Технология бетонов и изделий из него. Технология производства товарного бетона, бетонных и железобетонных изделий [Электронный ресурс]. URL: http://technology-jbi.ru/klassifikaciya_form_jbi/ (дата обращения: 17.09.2018).
11. Свод правил: СП 130.13330.2011. Производство сборных железобетонных конструкций (СНиП 3.09.01-85). М.: [б.и.], 2011. 152 с.

УДК 627.81:519.21

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОКА С МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ЗАТРАТ**Сафронова Т.И., Дегтярева О.Г., Дацьо Д.А.***ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар,
e-mail: mail@kubsau.ru*

На всех реках Черноморского побережья Краснодарского края (от г. Новороссийска до города Туапсе) отмечается недостаток запасов питьевых подземных вод в меженный период. Проблема водообеспечения народного хозяйства при непременном условии сохранения окружающей среды в устойчивом состоянии является одной из важнейших научных и прикладных задач современности. На действующих водозаборах для увеличения эксплуатационных запасов разрабатывают мероприятия по строительству регулирующих емкостей (водохранилищ). Для решения проблемы в Кубанском государственном аграрном университете разработана система регулирования стока атмосферных осадков. При проектировании столь сложной системы, начиная со стадии строительства, а также на стадии эксплуатации принимаемые инженерные решения следует рассматривать с учетом оценки общей цены намечаемых мероприятий. Цена эффективности и финансовой устойчивости намечаемого мероприятия будет включать затраты на строительство и эксплуатацию системы с учетом природно-климатических факторов, существенно влияющих на эксплуатационные возможности. Именно природно-климатические факторы, а еще точнее, наличие атмосферных осадков является определяющим, хотя и не единственным фактором, способным вызвать неблагоприятное состояние системы. В статье рассмотрен математический аппарат оценки основных характеристик цены мероприятия по строительству и эксплуатации системы регулирования стока атмосферных осадков в зависимости от исходного состояния элементов системы и степени влияния вероятностей наступления неблагоприятного состояния. В статье описана разработка модели оптимального управления системы с учетом неопределенности затрат.

Ключевые слова: водоснабжение, водохранилище, искусственное пополнение подземных вод**DEVELOPMENT OF MODEL OF THE OPTIMUM USE OF STREAM OF WATER FROM SMALL TERRITORIES AT INDEFINITE EXPENSES****Safronova T.I., Degtyareva O.G., Datso D.A.***Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, e-mail: mail@kubsau.ru*

On all rivers of the black Sea coast of the Krasnodarskogo edge (from the city of Novorossiyska to the city Tuapse) the lack of supplies of underground drinking-waters is marked in a boundary path period. A problem of lack of water at the necessary condition of environmental preservation in the stable state is one of major scientific and applied tasks of contemporaneity. On operating water, intakes for the increase of operating supplies develop measures on building of regulative capacities (storage pools). For the decision of problem, the system of adjusting of flow of atmospheric fallouts is developing in the Kuban state agrarian university. At planning of so difficult system, since the stage of building, and on the stage of exploitation it is necessary to examine the accepted engineering's decisions taking into account the estimation of blanket price of the set measures. The cost of efficiency and financial stability of the set measure will include expenses on building and exploitation of the system taking into account the factors of climate, influencing on exploitation. Exactly factors of climate, a presence of atmospheric fallouts is a determining, but not unique factor, able to cause the unfavorable state of the system. In the article, the mathematical vehicle of estimation of basic descriptions of cost of measure is considering on building and exploitation of the system of adjusting of flow of atmospheric fallouts depending on the initial state of elements of the system and degree of influence of probability of the unfavorable state. In the article, development of optimum case of the system frame is describing taking into account the vagueness of expenses.

Keywords: water supply, storage pool, artificial addition to the under waters

В бассейнах рек Черноморского побережья Краснодарского края основной проблемой водообеспечения является недостаток запасов питьевых подземных вод в меженный маловодный период. Вместе с тем природно-климатические и гидрогеологические условия Черноморского побережья Краснодарского края складываются наилучшим образом для аккумуляции атмосферных осадков и поверхностных водотоков, которых достаточно в осенне-зимне-весенний период. Атмосферные осадки являются наиболее надежным и качествен-

ным источником водоснабжения и орошения. Для увеличения эксплуатационных запасов на действующих водозаборах применяют искусственное пополнение запасов, разрабатывают мероприятия по строительству регулирующих емкостей (водохранилищ), ориентированных на внутригодовое регулирование стока [1].

Цель исследования: разработка модели использования стока с малых водосборов для обеспечения пресной водой в засушливый период года производства сельскохозяйственной продукции.

Материалы и методы исследования

В Кубанском государственном аграрном университете для решения проблемы водообеспечения разработана система регулирования стока атмосферных осадков (СРС АО) [2, 3]. Это комплекс взаимосвязанных гидротехнических сооружений. Основными составляющими системы являются: надземное и подземное водохранилища (по одному или несколько, того или иного вида); станции механического подъема воды; транспортные водоводы или трубопроводы; защитные сооружения и другие элементы.

В рамках реализации технического проекта «Система регулирования стока атмосферных осадков» разработаны следующие технологии:

- 1) для подземных водохранилищ;
- 2) для отдельно последовательно стоящих подземных и надземных водохранилищ;
- 3) для расположенных друг над другом подземных и надземных водохранилищ (совмещенных) [2, 3].

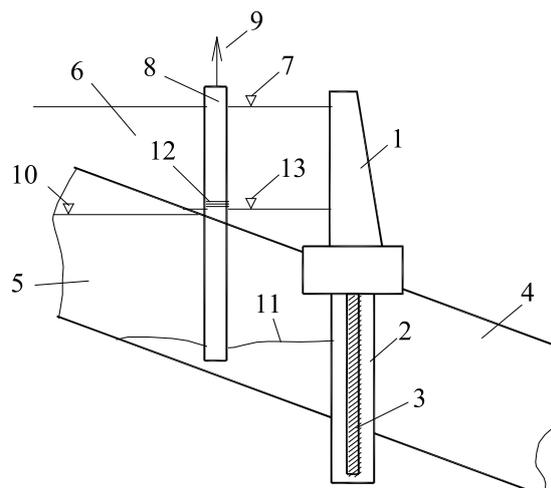
В технологиях эффективно используется надземный и подземный объем долины горной реки. Такой подход обеспечивает надежный водоотбор на протяжении всего периода эксплуатации системы регулирования стока.

Например, разработано устройство для регулирования накоплений подземных вод, представленное на рисунке. Устройство в поперечном створе долины реки включает водонепроницаемый барраж, который полностью (по мощности и ширине) перекрывает водоносный горизонт. Так образуется подземное водохранилище. Надземное водохранилище образует плотина, перекрывающая по ширине поперечный створ долины реки. Надземное водохранилище расположено над подземным водохранилищем, водонепроницаемый барраж – в одном створе с надземной плотиной, между сваями, образуя совместный подземный экран. Выше отметок затопления при максимальном уровне на берегу надземного водохранилища расположен водоприемный колодец. Объемы обоих водохранилищ связаны между собой запорно-регулирующими трубопроводами, а с потребителем – хотя бы одно из водохранилищ.

Накопление подземных вод данным устройством описано в работах. В результате накопления пресных вод в подземном и надземном водохранилищах в многогодичный период года уровень их повышается и соответствует максимальным уровням воды [4]. Подземные воды по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией от 0,2 до 0,6 г/л [5].

При пересыхании поверхностного водотока в периоды маловодности вода расходуется из надземного водохранилища. В подземном водохранилище осуществляется слежение за уровнем воды, чтобы не допустить падения уровня кривой депрессии до минимальных значений.

При ориентировании системы водопотребления на орошение нужна более теплая вода. Тогда ее рациональнее подавать из надземного водохранилища через трубопровод. Чтобы не допустить падения уровня воды в надземном водохранилище до «мертвого объема», когда уровень надземных вод падает до минимальных отметок, в надземное водохранилище осуществляется попуск воды из подземного водохранилища посредством трубопроводной системы через скважину или колодец.



Устройство для регулирования запасов пресных вод: 1 – надземная плотина; 2 – сваи; 3 – водонепроницаемый барраж; 4 – водоносный горизонт; 5 – подземное водохранилище; 6 – надземное водохранилище; 7 – максимальный уровень воды в надземном водохранилище; 8 – шахтный колодец; 9 – технологические трубопроводы; 10 – максимальная отметка вод подземного водохранилища; 11 – минимальная отметка кривой депрессии; 12 – затвор; 13 – «мертвый» объем водохранилища

Инновация решения проблемы заключается в интенсивном использовании атмосферных осадков, а также весеннего стока в горных ущельях для проведения искусственного пополнения подземных вод. В зависимости от площади водосбора в одном ущелье может быть несколько надземных и подземных водохранилищ [6].

При совместной эксплуатации подземных и поверхностных вод возможно погасить лимиты пресных вод за счет гибкого управления водозаборными системами из поверхностных и подземных вод [7]. Подземные воды обладают большой регулирующей способностью (емкостью), менее подвержены влиянию изменчивости климата.

Нами проведен анализ сведений государственного водного реестра, анализ природных факторов, влияющих на состояние, наличие и доступность водных ресурсов для водоснабжения населения, орошения и производства.

Обоснование оптимальных вариантов системы совместного использования подземных и поверхностных вод требует разработки более совершенных методов расчета, применения критериев с учетом неопределенности результатов и затрат [8]. Рассмотрим оптимизационную задачу о нахождении закона изменения цены удовлетворительного состояния системы, обеспечивающую максимальную прибыль с учетом потерь от неблагоприятного состояния.

Обозначим цену намечаемого мероприятия – S . Предполагаем, что цена $S(t)$ со временем строго монотонно убывает от некоторой цены $S_0 = S(0)$; амечаемые мероприятия образуют пуассоновский поток интенсивности λ , $R(S)$ – вероятность наступления неблагоприятного состояния. В статье [9] вычислены

основные характеристики цены состояния и промежутка времени до наступления благоприятного состояния – математическое ожидание, дисперсия, плотность распределения вероятностей. Приведем формулу для плотности вероятностей промежутка времени до наступления благоприятного состояния:

$$p(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right).$$

Пусть S_m – некоторая минимальная цена, такая, что $R(S_m) = 1$, то есть по этой цене отмечается неудовлетворительное состояние системы всегда.

Далее предположим, что если удовлетворительное состояние системы наступит в момент времени τ , то системе будет нанесен ущерб, равный $K(\tau)$. Общий доход будет равен

$$Q = \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau$$

и далее потребуем $Q \Rightarrow \max_{S(\tau)}$.

Используем методы вариационного исчисления [2]. Найдем изменение Q при замене $S(\tau)$ на $S(\tau) + \delta S(\tau)$

$$\begin{aligned} \delta Q &= \int_0^{\infty} \delta S(\tau) [\lambda R(S(\tau)) + (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R'(S(\tau))] \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau + \\ &+ \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \cdot \left(-\int_0^{\tau} \lambda R'(S(t)) \delta S(t) dt\right) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau. \end{aligned}$$

Приведем второе слагаемое к виду:

$$\begin{aligned} &-\int_0^{\infty} \lambda R'(S(t)) \delta S(t) dt \int_t^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \cdot \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau = \\ &= -\int_0^{\infty} \lambda R'(S(\tau)) \delta S(\tau) d\tau \int_{\tau}^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \end{aligned}$$

Тогда в выражении для δQ под знаком интеграла получим выражение

$$\begin{aligned} &[\lambda R(S(\tau)) + (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R'(S(\tau))] \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) - \\ &- \lambda R'(S(\tau)) \int_{\tau}^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \end{aligned}$$

По методу вариационного исчисления оно должно обращаться в нуль:

$$\begin{aligned} &[\lambda R(S(\tau)) + (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R'(S(\tau))] \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) = \\ &= \lambda R'(S(\tau)) \int_{\tau}^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \end{aligned} \tag{1}$$

Выполним преобразование (разделим обе части этого выражения на $\lambda R'(S(\tau))$). Далее продифференцируем по τ . Тогда получим

$$\begin{aligned} &\left[\frac{d}{d\tau} \frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} + (S'(\tau) - K'(\tau))\right] \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(v)) dv\right) - \\ &- \left[\frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} + (S(\tau) - K(\tau))\right] \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(v)) dv\right) = \\ &= -(S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(v)) dv\right). \end{aligned}$$

Сокращая экспоненты и приводя подобные

$$\frac{d}{d\tau} \frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} + (S'(\tau) - K'(\tau)) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} = 0,$$

вычислим производную

$$\frac{d}{d\tau} \frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} = \frac{(R'(S(\tau)))^2 - R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} S'(\tau) = \left[1 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} \right] S'(\tau).$$

Получили дифференциальное уравнение для оптимального значения $S(\tau)$

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} \right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K'(\tau) = 0. \quad (2)$$

(2) – дифференциальное уравнение первого порядка относительно $S(\tau)$.

Чтобы определить константу в общем решении уравнения (2), положим в (1) $\tau = 0$. И получим дополнительное условие для определения константы.

$$\frac{R(S(0))}{R'(S(0))} + S(0) - K(0) = \int_0^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right). \quad (3)$$

Пусть $K(\tau) = K_0 \tau$ (частный случай выражения ущерба). Запишем дифференциальное уравнение, соответствующее этому случаю

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} \right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K_0 = 0. \quad (4)$$

Решение уравнения (4) имеет вид $S(\tau) = S_0$. Тогда $S'(\tau) = 0$, и мы приходим к алгебраическому уравнению

$$-\lambda \frac{R^2(S_0)}{R'(S_0)} = K_0. \quad (5)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Система регулирования стоков атмосферных осадков – это комплекс взаимосвязанных гидротехнических сооружений. Основными составляющими системы являются: надземное и подземное водохранилища; станции механического подъема воды; транспортные водоводы или трубопроводы; защитные сооружения и другие элементы [10]. Естественно, большое разнообразие сооружений, конструктивно и функционально отличающихся друг от друга, накладывают определенные требования конструктивно-технологического характера [11]. Прежде всего, это взаиморасположение как в плане, так и по высоте основных составляющих системы. Далее в обязательном порядке должны учитываться возможности технологических связей. Например, скорость подачи расходов из надземного водохранилища в подземное или наоборот; пропускная способность катастрофических сооружений; пропускная способность водотранспортных сооружений и трубопроводов и другие аспекты.

При проектировании столь сложной системы, начиная со стадии строительства,

а также на стадии эксплуатации принимаемые инженерные решения следует рассматривать с учетом оценки общей цены намечаемых мероприятий. В статье рассмотрен процесс установления цены мероприятий при выборе параметров системы регулирования стока атмосферных осадков.

Превышение пределов изменения параметров режима эксплуатации может привести к сезонно необратимым явлениям – выводу системы из строя на сезон, хотя в дальнейшем все процессы возобновятся [12].

Выводы

СРС АО – водохозяйственная система, предназначенная для обеспечения рационального использования атмосферных осадков. Необходима стоимостная оценка негативных последствий, рисков и ущербов. Полученная формула (5) позволяет количественно оценить ущерб. Если ущерб приемлем, необходимо формировать банк данных технологий предотвращения рисков и ущербов и условий их реализации.

Необходимость принятия управленческих решений обусловлена остротой водно-экологических проблем. В статье подчеркнута необходимость разработки модели оптимального управления системой регулирования стока атмосферных осадков с малых водосборов с учетом неопределенности затрат.

Список литературы

1. Дегтярев Г.В. Гидроциклонный водозабор для закрытых оросительных систем: дис. ... канд. техн. наук. Фрунзе, 1984. 249 с.

2. Дегтярёва О.Г., Дегтярёв Г.В. Устройство для регулирования запасов подземных вод // Патент РФ № 2569004. Патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет. 2015. Бюл. № 32.
3. Дегтярёва О.Г., Дегтярёв Г.В. Способ регулирования запасов подземных вод // Патент РФ № 2569035. Патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет. 2015. Бюл. № 32.
4. Гольдман Р.Б. Применение планирования для двухфакторного эксперимента // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 г. (Краснодар, 09 февраля 2016 г.). Краснодар: Издательство ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2016. С. 448–449.
5. Подколзин О.А., Соколова И.В., Осипов А.В., Баракина Е.Е., Перов А.Ю. Содержание основных микроэлементов в почвах Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 69. С. 171–176.
6. Приходько И.А., Чеботарев М.И. Инновационный комплекс технологических операций для повышения мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 28. С. 169–172.
7. Дегтярев Г.В., Дегтярев В.Г., Табаев И.А. Математическое моделирование ослабленных вертикальных несущих конструкций здания при усилении самоупраемым бетоном // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (52). С. 192–198.
8. Кондратенко Л.Н. Эксплуатация антинакипного аппарата на предприятии аграрно-промышленного комплекса // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год: сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей (Краснодар, 14 марта 2018 г.). Краснодар: Издательство Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. С. 613–614.
9. Сафронова Т.И., Соколова И.В. Вероятностная модель снижения цены мелиоративного мероприятия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 132. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/110.pdf> (дата обращения: 06.11.2018).
10. Дегтярев Г.В., Варваркина В.А. Численное моделирование дебита скважины в ПО MIDAS GTS NX // Строительство и экономика: проблемы и решения: сборник статей по материалам региональной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, магистрантов и преподавателей (Краснодар, 21 марта 2018 г.). Краснодар Издательство: Магарин, 2018. С. 18–20.
11. Дегтярев Г.В., Дегтярев В.Г., Табаев И.А. Математическое моделирование ослабленных вертикальных несущих конструкций здания при усилении самоупраемым бетоном // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (52). С. 192–198.
12. Рекс Л.М., Умывакин В.М., Сафронова Т.И., Приходько И.А. Математическая модель экологической ситуации на рисовой оросительной системе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета 2008. № 10. URL: <http://ej.kubagro.ru/2008/10/pdf/03.pdf> (дата обращения: 06.11.2018).

УДК 338.4:303.732.4

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СУБЪЕКТАМИ АПК

¹Силинская С.М., ¹Нарыжная Н.Ю., ²Малашенко Н.Л., ²Тернавщенко К.О.

¹ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Краснодарский филиал,
Краснодар, e-mail: silinskaya1@mail.ru, NYUNaryzhnaya@fa.ru;

²ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
Краснодар, e-mail: malashenko534@mail.ru, tina.ru@bk.ru

Решение проблем совместимости до- и сверхкритических CO₂-модулей стало возможным с использованием преимуществ системного анализа, включая вопросы управления, обработки и анализа входящей и выходящей информации. В работе анализируется архитектура системных связей, включая закономерности работы экстракционных производств, с целью повышения производительности и качества получаемых продуктов с помощью современных методов анализа и обработки поступающей информации. В статье описаны новые и усовершенствованные методы и средства объективной оценки информации для управления экстракционными системами, обеспечивающие их эффективность, а также надежность и обоснованность принимаемых решений. Рассмотрены особенности получения CO₂-экстрактов из растительного сырья с помощью сжиженных и сжатых газов. Работа экстракционных модулей проанализирована в качестве объекта управления, с математическим описанием особенностей технологического процесса. Разработана модель процесса до- и сверхкритической экстракции в универсальном модуле с математическим описанием прогнозируемых ошибок, которая может быть использована для создания автоматизированной системы управления. Используемая информационная система успешно функционирует благодаря оперативному сбору, обработке, анализу и распределению информации, выполняемой в режиме реального времени, что предполагает применение современных методов информационных технологий. При повышении требований к объему, скорости и качеству информации о ходе процессов до- и сверхкритической CO₂-экстракции, требуется модернизация информационных систем, позволяющих принимать обоснованные решения структурами управления. При рассмотрении особого класса сложных информационных систем, обладающих динамичностью, нелинейностью, многомерностью, необходимо достичь цели по обеспечению эффективности и безопасности процесса экстракции.

Ключевые слова: системный подход, управление, эффективность информационных системы, до- и сверхкритическая экстракция, межфазная конвекция, массо- и влагоперенос, диоксид углерода, интенсивность массопередачи

SYSTEMATIC APPROACH IN SHAPING THE DIRECTIONS OF INCREASE OF MANAGEMENT EFFICIENCY OF AGRIBUSINESS ENTITIES

¹Silinskaya S.M., ¹Naryzhnaya N.Yu., ²Malashenko N.L., ²Ternavshchenko K.O.

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, branch, Krasnodar,
e-mail: silinskaya1@mail.ru, NYUNaryzhnaya@fa.ru;

²Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: malashenko534@mail.ru, tina.ru@bk.ru

The solution of compatibility problems of pre-and supercritical CO₂ modules became possible using the advantages of system analysis, including management, processing and analysis of incoming and outgoing information. The paper analyzes the architectonics of system connections, including the laws of the extraction industry, in order to improve the performance and quality of the products using modern methods of analysis and processing of incoming information. The article describes new and improved methods and means of objective evaluation of information for the management of extraction systems, ensuring their effectiveness, as well as the reliability and validity of decisions. The features of obtaining CO₂ extracts from vegetable raw materials using liquefied and compressed gases are considered. The operation of the extraction modules is analyzed as a control object, with a mathematical description of the technological process. A model of the pre-and supercritical extraction process in a universal module with a mathematical description of the predicted errors, which can be used to create an automated control system, is developed. The information system used is successfully functioning thanks to the rapid collection, processing, analysis and distribution of information carried out in real time, which involves the use of modern methods of information technology. With increasing requirements for the volume, speed and quality of information about the processes before and supercritical CO₂ extraction, it is necessary to modernize information systems that allow making informed decisions by management structures. When considering a special class of complex information systems with dynamism, nonlinearity, multidimensionality, it is necessary to achieve the goal of ensuring the efficiency and safety of the extraction process.

Keywords: system approach, management, efficiency of information systems, pre-and supercritical extraction, interphase convection, mass and moisture transfer, carbon dioxide, mass transfer intensity

Безопасность экстракционных установок, работающих под высоким давлением, обеспечивается за счет функционирования информационных систем, уверенно распознающих текущие ситуации и обеспечи-

вающих перевод опасных ситуаций в безопасные.

Программа модели экстракционного завода предусматривает способ обработки информации, позволяющий обеспечить эф-

фективное моделирование, формализацию и воспроизведение динамических свойств системы, генерирование и анализ временных рядов.

Анализ и моделирование производственных систем широко отражено в работах известных специалистов: В.А. Атрощенко, Т.И. Барановской, Н.П. Бусленко, Л.А. Видовского, В.В. Володина, В.М. Дубова, В.И. Ключко, В.А. Кучера, В.И. Лойко, А.А. Колесникова, В.Ф. Макарова, В.С. Симанкова, К. Atrow, N. Vossara, H. Naken, D. Thunnissen и других.

В последние годы развитию теоретических и прикладных исследований системных структур с анализом информационных потоков активно занимались ученые специализированных кафедр КубГТУ и КубГАУ [1–3].

Внимание исследователей и производителей обращено на развитие основ управления процессами подготовки и извлечения ценных компонентов из растительного сырья [4–6]. Особенно много проблем с организацией информационных потоков встречается при эксплуатации высокотехнологичного оборудования по извлечению экстрактивных веществ из сырья сжиженными газами. Наиболее полно обеспечена математическими методами планирования эксперимента и отработана технологическими решениями экстракция жидким диоксидом углерода [5, 7]. Зарегистрирована программа ЭВМ по усовершенствованию системы регулирования параметров процесса газожидкостной экстракции [8]. Наиболее результативные технические решения

запатентованы как имеющие мировую техническую новизну [9–11]. Ряд публикаций посвящены совершенствованию теоретических и прикладных исследований системных связей в конкретных отраслях промышленности: химической, хлебопекарной, экстракционной [12–14]. Рассмотренные авторами закономерности деятельности отраслевых предприятий ориентированы на совершенствование управляемых процессов с помощью современных методов обработки и хранения информации.

Цель исследования: определение направлений совершенствования управляемых процессов субъектов АПК с помощью современных методов обработки и хранения информации.

К объектам исследований относятся прогнозирование эффективности работы до- и сверхкритических экстракционных модулей и разработка математического аппарата для создания информационной системы экстракционных предприятий.

Предметом исследования является анализ и синтез экстракционных систем и применение автоматизированных систем управления процессом экстракции для обеспечения более высокого выхода, при условии максимальной сохранности ценных компонентов. К задачам исследований относится разработка методов анализа входящей и выходящей информации о работе экстракционных систем с целью их автоматизации при альтернативном переходе с субкритической на сверхкритическую CO_2 -экстракцию.



Рис. 1. Схема управления заводом по производству CO_2 -экстрактов ООО «Компания Караван»

Особенности до- и сверхкритической CO₂-экстракции

Вид экстракционных установок	Особенности эксплуатации экстракционных установок	Преимущества и недостатки экстракционных установок
Докритическая CO ₂ -установка	давление P = 4,5–6,5 МПа и температура t от +10°C до 25°C	Позволяет извлекать ароматические и вкусовые компоненты из растительного сырья в нативном состоянии
Сверхкритическая CO ₂ -установка	давление P = 8–80 МПа и температура t от +40°C до 90°C	Позволяет увеличить выход экстрактивных липидсодержащих веществ из сырья за счет повышения температуры и давления. При этом часть БАВ разрушается
Комбинированная CO ₂ -установка	давление P = 4,5 до 40 МПа и температура t от +10°C до 50°C	Позволяет извлекать ароматические и вкусовые компоненты в докритическом режиме, а из шрота дополнительно извлекать липидсодержащие вещества

Материалы и методы исследования

Намечено создать формализованную модель безопасности аппаратов, работающих в условиях высоких давлений. Для идентификации состава экстрактов необходимо применить систему распознавания образов. На рис. 1 приведена действующая схема управления заводом по производству CO₂-экстрактов ООО «Компания Караван».

Приведенная схема основана на традиционных, экстенсивных методах управления производством. Сотрудниками КубГТУ, под руководством профессора Г.И. Касьянова, предложили ряд технических решений по интенсификации процесса извлечения ценных компонентов из растительного сырья, с учетом инновационных стратегий [13, 14].

В настоящее время в стране и за рубежом эксплуатируются экстракционные установки, работающие в докритическом режиме при давлении не превышающем 6,5 МПа и температуре до 25°C. Небольшая часть установок работает в сверхкритическом режиме при давлении до 80 МПа и температуре до 90°C. С участием авторов разработан комбинированный модуль, позволяющий проводить процесс экстракции в до- и сверхкритическом режимах. В таблице показаны особенности до- и сверхкритической CO₂-экстракции.

Сформулируем математическую постановку задачи переоснащения экстракционного предприятия.

Внешнее воздействие с целью технического оснащения отделений завода зависит от изменения потребности перерабатывающих предприятий в CO₂-экстрактах и их рыночной стоимости. Для расчета можно использовать уравнение Колмогорова:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + a(X, t) \frac{\partial \omega}{\partial X} + \frac{b(X, t)}{2} \frac{\partial^2 \omega}{\partial X^2} = f(t), \quad (1)$$

где ω – уровень превышения рыночной стоимости X экстракта от себестоимости изготовления;

a – коэффициент сноса;

b – коэффициент диффузии;

$f(t)$ – возмущающее воздействие.

Адекватное функционирование метасистемы включает элементы технического переоснащения, перспективные для экстракционного процесса и подчиняется уравнению (1). Можно определить готовность технического оснащения экстракционной системы к использованию ω_1 . Уравнение (1) будет иметь следующий вид:

$$\frac{\partial \omega_1}{\partial t} + a(X, t) \frac{\partial \omega_1}{\partial X} + \frac{b(X, t)}{2} \frac{\partial^2 \omega_1}{\partial X^2} = f(t) + u(X, t). \quad (2)$$

Так как оба процесса испытывают одинаковые возмущения, то, подставляя вместо $f(t)$ его выражение из уравнения (1), получаем

$$\frac{\partial(\omega - \omega_1)}{\partial t} + a(X, t) \frac{\partial(\omega - \omega_1)}{\partial X} + \frac{b(X, t)}{2} \frac{\partial^2(\omega - \omega_1)}{\partial X^2} = u(X, t). \quad (3)$$

В упрощенном виде,

$$s = \omega - \omega_1, \quad (4)$$

уравнение (3) будет иметь следующий вид

$$\frac{\partial s}{\partial t} + a(X, t) \frac{\partial s}{\partial X} + \frac{b(X, t)}{2} \frac{\partial^2 s}{\partial X^2} = u(X, t). \quad (5)$$

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 2 приведена разработанная авторами система логистических связей экстракционного предприятия, расположенного в пос. Белозерный г. Краснодара. Раскроем условные обозначения всех звеньев, представленных на рисунке: 1, 2 – поставщики сырья для переработки на CO₂-экстракты (а – аптекоуправление, б – крайпотребсоюз, в – лекраспром, г – индивидуальные предприниматели); 3 – отделение подготовки сырья к экстракции (а – инспекция, б – дробление в крупку, в – лепесткование на вальцах, г – экструдирование); 4 – завод CO₂-экстракции (а – загрузка сетчатых контейнеров с сырьем в экстрактор, б – герметизация и вакуумирование экстрактора, в – процесс экстракции, г – выгрузка CO₂-экстракта и CO₂-шрота); 5 – потребители CO₂-экстрактов (а – мясные, б – молочные, в – рыбные, г – косметические предприятия).

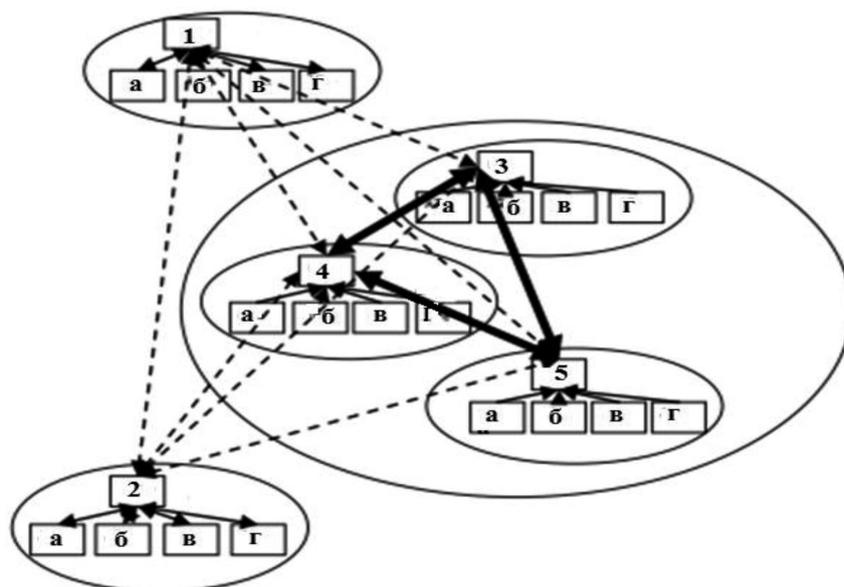


Рис. 2. Система логистических связей материальных потоков экстракционного предприятия

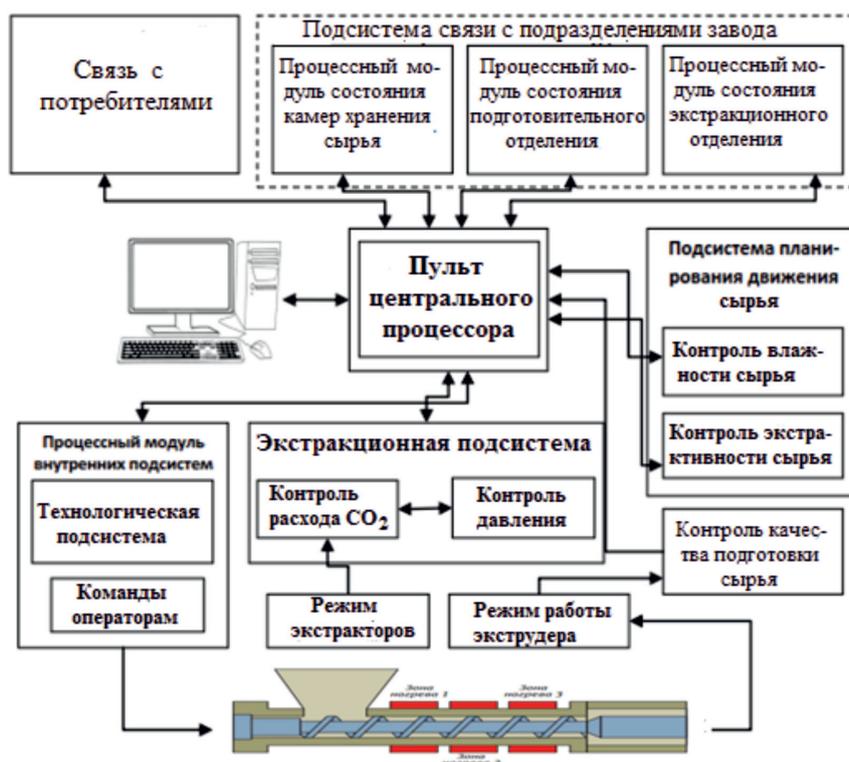


Рис. 3. Система управления экстракционным предприятием с пульта центрального процессора

Представленная на рис. 2 логистическая система рассматривается как организационно структурированная экономическая система, состоящая из отдельных звеньев, связанных единым процессом управления логистическими потоками.

Решение вопросов повышения производительности экстракционных производств основано на концептуальной теории развития экономики и создания конкурентных продуктов, с использованием новых информационных и технологических реше-

ний. Однако понятие производительности не всегда относится к решающим критериям, так как современные технические модули и системы должны обладать высокой гибкостью.

На рис. 3 показана модернизированная система управления экстракционным предприятием с пульта центрального процессора. Система использует блочный принцип моделирования и управления процессом производства CO_2 -экстрактов из экструдированного растительного сырья.

Выводы

Внедрение интегрированной базы данных с большим информационным потоком о путях регулирования технологических режимов обработки растительного сырья позволяет оценить коэффициент удельного влияния применяемых новшеств и степени готовности нововведений к внедрению. Созданные ранее компьютерные программы позволяют оценивать принимаемые технологические решения, разбивать их на отдельные операции, предлагать новые технические решения и соединять их в единую техническую систему. Система может оценивать технико-экономические данные предлагаемых систем и выводить наилучшие из них для внедрения.

С помощью метасистемного подхода обеспечен выбор технического переоснащения экстракционного производства, выявивший важность предварительной подготовки сырья для экстракции, осуществляемой с помощью пооперационного проведения технологических операций.

С использованием метода стратегического планирования и рационального подбора технических средств намечены пути совершенствования технического оснащения экстракционного завода, что позволило оптимизировать процесс подбора устройств для измельчения сырья в наиболее сочетаемых системах.

При продолжении исследований необходимо выявить влияние интенсивности управляющих воздействий от продолжительности и уровня спроса на CO_2 -экстракты, изготовленные по усовершенствованной технологии путем сетевого планирования перевооружения и технического оснащения экстракционного завода.

Список литературы

1. Атрощенко В.А., Тишковский Д.В. Математическое обеспечение информационной системы предприятий хлебопекарной промышленности региона // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. URL: www.science-education.ru/105-7152 (дата обращения: 10.10.2018).
2. Барановская Т.П., Великанова Л.О., Лойко В.И. Поток-модели информационной системы управления производством и переработкой зерна. Краснодар: КубГАУ, 2013. 98 с.
3. Лойко В.И., Ефанова Н.В. Интегрированные производственные системы агропромышленного комплекса // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2015. № 09 (113). URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/50.pdf> (дата обращения: 10.10.2018).
4. Касьянов Г.И., Силинская С.М., Иночкина Е.В., Занин Д.Е. Препаративное CO_2 -экстрагирование компонентов из растительного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2016. № 1. С. 42–46.
5. Касьянов Г.И., Занин Д.Е., Силинская С.М. Возможности до и сверхкритической CO_2 -экстракции // Технические науки: современный взгляд на изучение актуальных проблем: сборник научных трудов междунар. научно-практ. конф. Астрахань: Эвенсис, 2016. С. 87–92.
6. Коробицын В.С., Бородин А.С., Запорожский А.А., Тагирова П.Р. Усовершенствованная система регулирования параметров процесса газожидкостной экстракции (TempContrOOS) // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012617126. Заявка № 2012615089; заявлено 19.06.2012. Опубликовано 08.08.2012.
7. Франко Е.П., Касьянов Г.И., Коробицын В.С. Установка для газожидкостной экстракции сырья // Патент РФ на полезную модель № 93294; заявлено 08.02.2010; опубл. 27.04.2010. Бюл. № 12.
8. Касьянов Г.И., Коробицын В.С., Рохмань С.В. Установка для газожидкостной экстракции растительного сырья // Патент РФ на полезную модель № 131985; заявлено 19.02.2013; опубл. 10.09.2013. Бюл. № 25.
9. Франко Е.П., Касьянов Г.И., Коробицын В.С. Ультразвуковая установка для газожидкостной экстракции растительного и животного сырья // Патент РФ на полезную модель № 93688; заявлено 08.02.2010; опубл. 10.02.2010.
10. Пищухина Т.А. Методы и средства выбора и оценки эффективности технического оснащения технологических процессов: дис. ... кан. техн. наук. Краснодар, 2007. 143 с.
11. Тагирова П.Р., Касьянов Г.И. Рецептуры фаршированного перца и чеченских лепешек с белково-липидным концентратом и CO_2 -экстрактами // Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика: матер. междунар. научно-практ. конф. (4 марта 2016 г.). Краснодар, 2016. С. 345–349.
12. Dobre T.G., Marcano J.G.S. Chemical Engineering: Modelling, Simulation and Similitude. Weinheim (Baden-Württemberg, Germany): Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007. 570 p.
13. Остапов Д.С., Усатиков С.В. Повышение эффективности программной реализации алгоритмов распознавания изображений с детальной оценкой состояния массового количества объектов // Политематический научный журнал КубГАУ. 2016. № 124. С. 611–622.
14. Burda A.G., Frantsisko O.Y., Baranovskaya T.P., Trubilin A.I., Loiko V.I. Grounding of the combination parameters of the agricultural and processing branches of the agricultural enterprises by the operations research method. Journal of Applied Economic Sciences. 2016. № 6. P. 1209–1224.

УДК 004.415.25

ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ АВАРИЯХ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ

¹Цуриков А.Н., ¹Чернышов С.С., ²Маршаков Д.В.

¹ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
Ростов-на-Дону, e-mail: tsurik7@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
Ростов-на-Дону, e-mail: daniil_marshakov@mail.ru

В статье описывается разработка прототипа оригинального Android-приложения для сервис-ориентированной поддержки принятия решений при авариях с опасными грузами. Особый интерес представляет массовая транспортировка опасных веществ к местам их промышленного потребления. Задача создания и инсталляции в мобильные устройства специального приложения для сервис-ориентированной поддержки принятия решений в случаях аварий транспортных средств с опасными грузами актуальна для отечественной транспортной отрасли с точки зрения оперативности расчетов последствий аварий и эффективности принимаемых решений. Программное приложение позволяет получить доступ к аварийной карточке опасного вещества по его номеру, названию, параметрам опасного груза, требуемым при ликвидации последствий аварии с ним. В статье рассматриваются методы и средства (аппаратные и программные) достижения поставленной задачи, концептуальное моделирование и разработка интерфейсов приложения с последующим тестированием на реальном примере. Разработанная программа может найти свое применение на различных предприятиях автомобильного, железнодорожного транспорта и промышленности, осуществляющих массовое хранение, переработку и перевозку опасных грузов. Реализация в виде программного приложения для Android-совместимых устройств позволяет обеспечить ответственных лиц на различных уровнях оперативными данными о параметрах опасного груза.

Ключевые слова: мобильное приложение, опасный груз, авария, операционная система Android, программирование, мобильное устройство, аварийная карточка, поддержка принятия решений

ANDROID APPLICATION FOR SERVICE-ORIENTED DECISION SUPPORT IN ACCIDENTS WITH DANGEROUS GOODS

¹Tsurikov A.N., ¹Chernyshov S.S., ²Marshakov D.V.

¹Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, e-mail: tsurik7@yandex.ru;

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: daniil_marshakov@mail.ru

The article describes development of original prototype of the Android-application for service-oriented decision support in accidents with dangerous goods. Particular interest are dangerous substances, mass transported to their places of industrial consumption. The task of creating and installing in mobile devices special application for service-oriented decision support in case of accidents of vehicles with dangerous goods is relevant for the domestic transport industry from the point of efficiency calculation of accidents consequences and efficiency of decision-making. The software application allows accessing the emergency card of a dangerous substance by its number, name, and parameters of dangerous goods that are required in the consequences of accident with him. The article discusses methods and tools (hardware and software) to achieve the task, conceptual modeling and development of application interfaces, followed by testing on a real example. The developed application can find its utilization in various enterprises of railway, road transport and industry engaged in mass storage, processing and transportation of dangerous goods. Implementation in the form of software application for Android-compatible devices allows providing responsible persons at different levels of operational data about the parameters of dangerous goods.

Keywords: mobile application, dangerous goods, accident, Android operating system, programming, mobile device, emergency card, decision support

На сегодняшний день железнодорожным транспортом перевозится множество опасных грузов (ОГ), к числу которых относятся: взрывчатые материалы, химическое сырье, нефтепродукты, радиоактивные материалы, сжиженные газы и пр. Возможные негативные последствия регулярно происходящих аварий с ОГ позволяют минимизировать только оперативно принятые меры по их ликвидации [1].

На случай аварии с ОГ подготовлены соответствующие документы, одним из

важнейших являются аварийные карточки грузов. На каждый опасный груз или группу ОГ составлена аварийная карточка, в которой дана краткая характеристика груза и рекомендуемых действий при возникновении различных аварий с ним, которая используется как один из основных источников информации при ликвидации аварии с грузом [2].

Оперативная выдача информации об ОГ (т.е. оперативный доступ к аварийным карточкам) лицам, принимающим реше-

ния (ЛПР) по аварии с ОГ, является задачей специально разработанного программного обеспечения [3], представляющего собой инструмент поддержки принятия решений.

Наиболее популярной из систем, решающих данную задачу, является автоматизированная информационно-справочная система «Опасные грузы». Система представляет подробный справочник по ОГ и условиям их перевозок. По сути она дает электронную замену «бумажным» аварийным карточкам. Система содержит сведения о более чем пяти тысячах ОГ [4].

Однако автоматизированная информационно-справочная система «Опасные грузы» и подобные ей системы работают преимущественно на стационарных компьютерах, к которым у ЛПР не всегда есть возможность оперативного доступа при возникновении аварии с ОГ. При этом сегодня массовое распространение получили компактные вычислительные устройства (планшеты, смартфоны) под управлением операционной системы *Android*. Помимо услуг связи данные устройства предоставляют богатый набор функций, а по характеристикам приближаются к стационарным компьютерам [5].

Таким образом, разработка *Android*-программ поддержки ЛПР при авариях является актуальной прикладной научной задачей.

Цель работы состоит в повышении оперативности и эффективности принимаемых решений ЛПР при авариях с ОГ. Для достижения цели проводится моделирование и разработка прототипа *Android*-приложения для поддержки принятия решений при авариях с ОГ, позволяющего ЛПР своевременно получать доступ к аварийным карточкам груза на мобильном устройстве (как по наименованию груза, так и по его коду).

Новизна исследования заключается в том, что оперативная выдача ЛПР информации об опасном грузе (т.е. оперативный доступ к аварийным карточкам) реализована с помощью специализированного оригинального приложения для мобильных устройств под управлением операционной системы *Android*, в то время как в известной постановке задачи доступ ЛПР к электронной информации об ОГ осуществлялся преимущественно через стационарные информационно-справочные системы.

Материалы и методы исследования

Информационной базой для приложения послужили аварийные карточки соответствующих ОГ. Концептуальное моделирование [6, 7] приложения и базы данных (БД) выполнялось средствами *ER*-диаграмм (модель «сущность – связь») и *UML*-диаграмм (унифицированный язык *Unified Modeling Language*). Решение для хранения данных – встраиваемая кроссплатформенная система БД *SQLite*. В качестве целевой операционной

системы выбрана *Android* версии 4.2 *Jelly Bean* и выше. Программный код разрабатывался на языке *Java* в среде *Eclipse* с необходимыми плагинами.

Концептуальное моделирование

Одним из основных компонентов мобильного приложения является БД. Для ее правильного построения и функционирования первоначально выполним построение *ER*-диаграммы (рис. 1).

На диаграмме выделены сущности и связи между ними: «Аварийная карточка», «Опасный груз», «Опасности», «Действия». Для сущности «Аварийная карточка» определены атрибуты: номер карточки, класс, содержащийся груз. Атрибуты для сущности «Опасный груз»: наименование груза, номер ООН, классификационный шифр, (СИЗ) средства индивидуальной защиты, нейтрализация, первая помощь. Атрибуты сущности «Опасности»: основные свойства, взрыво- и пожароопасность, опасность для человека. К атрибутам сущности «Действия» относятся действия: общего характера, при распространении, при пожаре.

На основании данной диаграммы строится физическая модель БД приложения, в которую добавлены все атрибуты и ключи, необходимые для взаимосвязи таблиц, и соответствующие сущностям.

Моделирование работы приложения начнем с диаграммы вариантов использования, представляющей собой упрощенную модель приложения, выраженную через актеров и прецеденты, которые отображают взаимодействие с системой [7, 8]. На рис. 2 показаны основные прецеденты приложения. Ими являются: «Поиск опасного груза», «Выбор его из списка наименований», а также «Выбор аварийной карточки».

В предполагаемой статической структуре модели системы в объектно-ориентированном программировании выделяют четыре класса («Аварийная карточка», «Опасный груз», «Опасности», «Действия»), для каждого из которых определяются атрибуты и связи.

На следующем шаге определяется диаграмма состояний (рис. 3), моделирующая динамическое поведение сущностей, основываясь на специфике их реакций на конкретные события.

Ниже рассмотрена диаграмма состояний на примере работы приложения.

В первую очередь выделяют начальное и конечное состояния приложения. Начальное состояние соответствует запуску приложения, конечное – выходу из него. Основными состояниями являются работы пользователя с различными формами приложения, их можно выделить из диаграммы прецедентов.

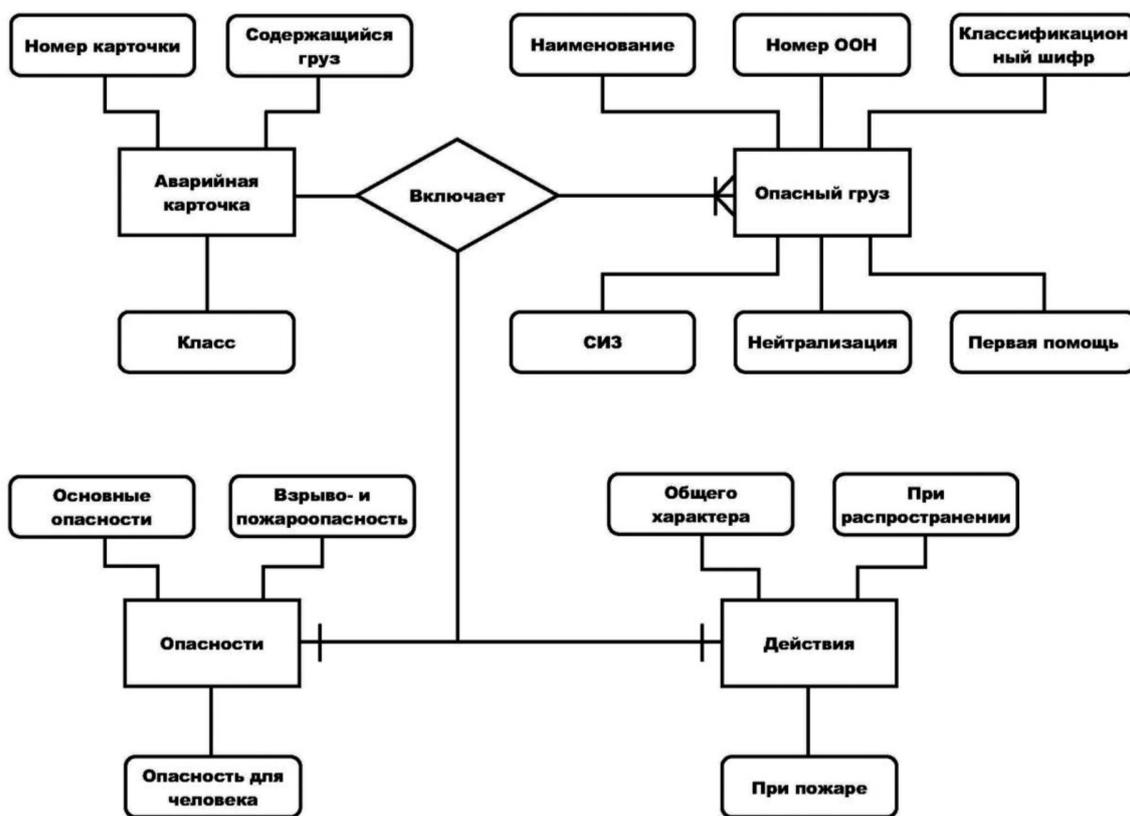


Рис. 1. ER-диаграмма «сущность – связь»

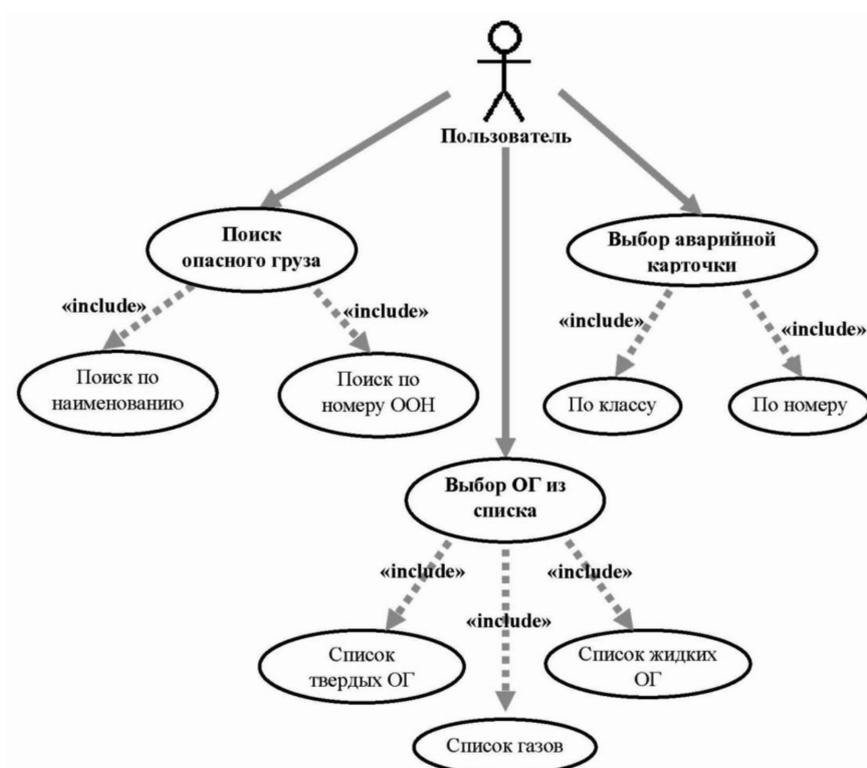


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования (прецедентов)



Рис. 3. Диаграмма состояний

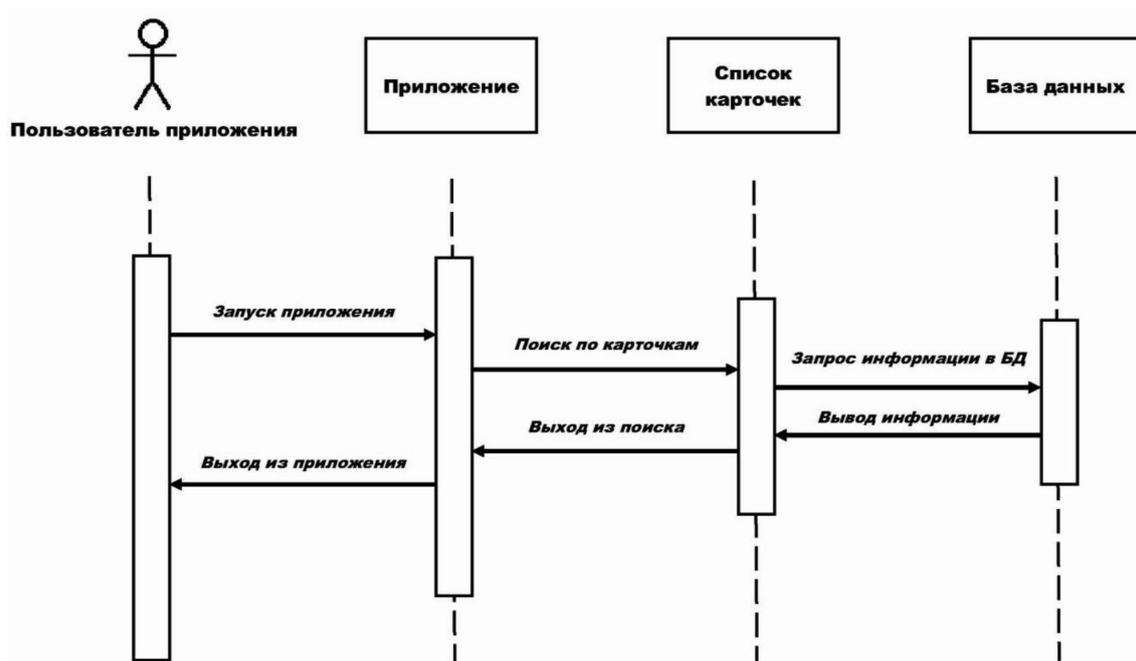


Рис. 4. Диаграмма последовательности

После запуска приложения система переходит в состояние ожидания действий пользователя, затем при выполнении условия, например нажатии кнопки, она сменит текущее состояние на другое, связанное с работой с одной из форм и т.д.

Разработанная на следующем этапе моделирования диаграмма последовательности используется для отображения времен-

ных характеристик, связанных с потоком сообщений между объектами. Процесс просмотра информации в аварийной карточке пользователем демонстрирует диаграмма на рис. 4.

Заключительный этап моделирования характеризуется построением диаграммы кооперации, где основной задачей кооперации является специфицирование реализа-

ции важных прецедентов [6]. На диаграмме представлена кооперация между объектами: «Пользователь», «Аварийная карточка», «Опасный груз» и «Действия».

С использованием построенных диаграмм реализуется само приложение.

Технология работы с кнопками приложения

Приведем особенности работы созданного в результате разработки приложения.

1. После запуска программы появляется меню быстрого доступа приложения, которое обладает следующими элементами:

- кнопка «Поиск»;
- кнопка «Списки»;
- кнопка «О программе».

Также пользователь может получить быстрый доступ из бокового меню, которое доступно в любой части приложения.

2. При нажатии на «Поиск» пользователь переходит к экрану, изображенному на рис. 5, а. В нем пользователь вводит информацию об интересующем его ОГ и нажимает кнопку «Найти». Чтобы получить результат поиска, пользователю достаточно заполнить одно из полей, либо «Наименование груза», либо «Номер ООН».

3. При нажатии кнопки «Найти» пользователю будут выданы результаты, удовлетворяющие запросу. После этого пользователь выбирает необходимый вариант

и открывает его. Результатом будет аварийная карточка, содержащая всю необходимую информацию по искомому ОГ (рис. 5, б). В ней есть разделы с информацией о грузе: основные свойства, опасности, СИЗ, правила оказания помощи, порядок действий и др.

4. После нажатия на кнопку «Списки» пользователь переходит на экран выбора между списком грузов и карточек, в зависимости от выбора ему будет предоставлен либо список грузов, либо список карточек. Это повышает эффективность приложения, так как пользователь может знать только один из вариантов. Разделение списков помогает упростить поиск. Пример результата изображен на рис. 5, в.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате работы успешно создан прототип *Android*-приложения для поддержки принятия решений при авариях с опасными грузами, обеспечивающего быстрый поиск и выдачу данных о грузе, содержащихся в соответствующей аварийной карточке.

Тестирование приложения [9] проведено в программном эмуляторе *Android* под *Windows* (рис. 5) и на мобильных устройствах производителей *Xiaomi* и *Huawei*. Тестирование проводилось для версий системы *Android*: 4.2 (*API 17*); 5.1 (*API 22*); 6.0 (*API 23*).

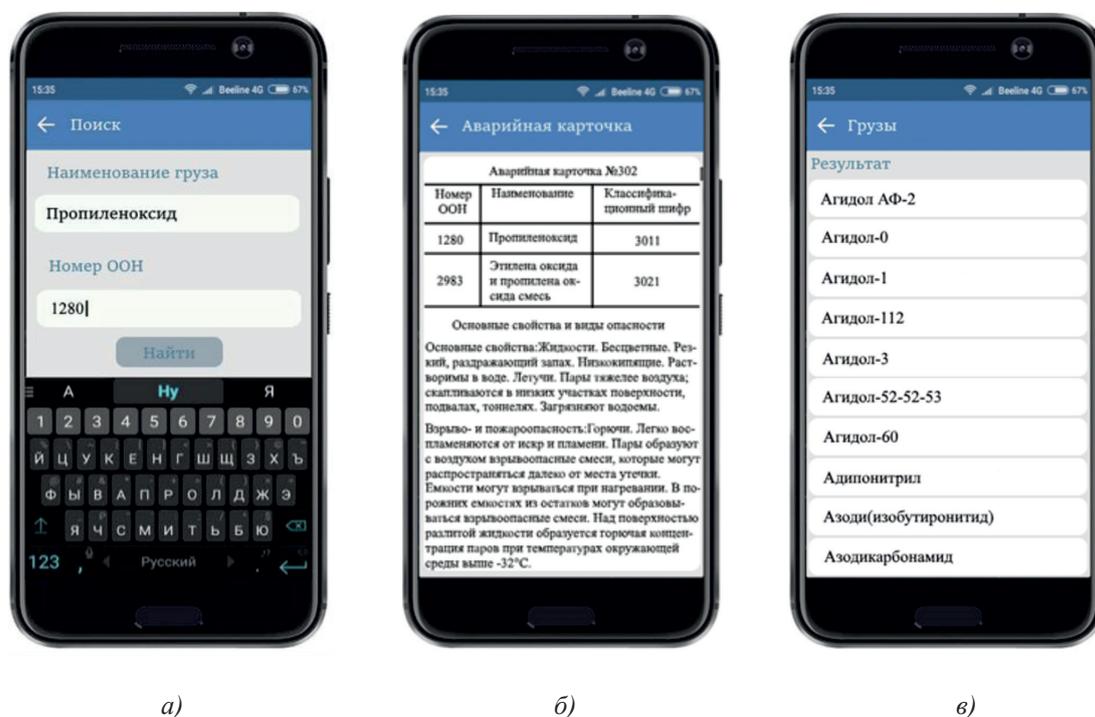


Рис. 5. Интерфейсы *Android*-приложения: а) экран поиска груза; б) аварийная карточка; в) списки наименований опасных грузов

Проведенный анализ функционального тестирования программного продукта показал работоспособность запрашиваемых сервисов, стабильность работы, при тестировании не произошло сбоев. Пользовательский интерфейс не вызвал неудобств и продемонстрировал свою функциональность.

Минималистический стиль интерфейсов программного продукта позволяет избежать избыточного наполнения излишним контентом [9]. Особое внимание уделено наиболее актуальной для пользователей рабочей области, она реализована удобной и интуитивно понятной.

Представленное приложение служит прототипом технологии и нуждается в дальнейших улучшениях. В частности, необходимо предусмотреть оперативное обновление базы данных, в которой хранится информация об опасных грузах. В дальнейшем возможна разработка аналога приложения для устройств от компании *Apple*, работающих под управлением системы *iOS*. Необходимые доработки могут быть произведены при продолжении исследований в выбранной области.

Заключение

В результате выполненной работы произведено моделирование и разработан прототип *Android*-приложения для поддержки принятия решений при авариях с ОГ, соответствующий поставленной цели и задачам исследования.

Реализованы концептуальные классы и диаграммы в нотациях *ER* и *UML*, описывающие детали проекта, на их основе разработан прототип приложения. Проведено функциональное тестирование разработки, подтверждена корректность полученных результатов.

Реализация в виде программного приложения для мобильных устройств (смартфонов и планшетов), работающих в среде *Android*, позволяет обеспечить ЛПП на раз-

личных уровнях оперативными данными о параметрах ОГ. Своевременное получение таких данных дает возможность ЛПП принять верное управленческое решение [10], что ускорит процесс ликвидации негативных последствий и снизит возможный ущерб от аварий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты 18-08-00549 А, 17-07-00620 А.

Список литературы

1. Призмозонов А.М., Спиридонов Э.С., Сбитнев В.И., Шевандин М.А., Жуков В.И. Строительство железных дорог в чрезвычайных ситуациях. М.: Маршрут, 2004. 501 с.
2. Кириченко А.В. Обеспечение безопасности перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом: 2-е изд. СПб.: Питер, 2004. 160 с.
3. Цуриков А.Н. Некоторые аспекты разработки интеллектуальной советующей системы управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Транспорт-2012: труды Всероссийской научно-практической конференции: в 3-х ч. Ростов н/Д.: РГУПС, 2012. С. 83–85.
4. Верескун В.Д., Цуриков А.Н. Информационно-управляющие системы в научных исследованиях и на производстве: учебное пособие. Ростов н/Д.: РГУПС, 2016. 76 с.
5. Нефедьев С.А. Современные инструменты управления риском чрезвычайных ситуаций на транспорте // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 60–69.
6. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Д. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2002. 496 с.
7. Цуриков А.Н., Гуда А.Н. Концептуальное моделирование системы поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте // В мире научных открытий. 2015. № 4.2 (64). С. 870–880.
8. Тарасов Е.Б. Математическое и программное обеспечение многоуровневых человеко-машинных интерфейсов для ситуационного управления сложными организационно-техническими объектами: на примере грузовой железнодорожной станции: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11. Новосибирск, 2010. 23 с.
9. Филлипс Б., Стюарт К., Марсикано К. *Android*. Программирование для профессионалов: 3-е изд. СПб.: Питер, 2017. 688 с.
10. Ковалев С.М., Гуда А.Н., Суханов А.В. Интеллектуальные информационные технологии в промышленности и на производстве: аналитический обзор // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2016. № 2 (62). С. 54–71.

УДК 519.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ РОБАСТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЛИНЕЙНЫХ НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Чубич В.М., Филиппова Е.В.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,
Новосибирск, e-mail: chubich@ami.nstu.ru, e.filippova@corp.nstu.ru

Рассмотрена проблема оценивания и фильтрации при наличии негауссовских шумов в моделях состояния и наблюдения. Введено понятие коррентропийных фильтров и отличие их от традиционного фильтра Калмана. Приведены расчетные алгоритмы некоторых перспективных адаптивных фильтров. На примере модели прямолинейного равноускоренного движения объекта со случайным характером возникновения аномальных выбросов при помощи разработанного программно-математического обеспечения проведен сравнительный анализ эффективности современных робастных фильтров Изанлуу (Izanloo) – Фейкуруиана (Fakoorian) – Джазди (Yazdi) – Саймона (Simon), Чена (Chen) – Лю (Liu) – Чжао (Zhao) – Принципе (Principe), Вана (Wang) – Гао (Gao) – Чжана (Zhang) – Ма (Ma) и Сярккя (Särkkä) – Нумменмаа (Nummenmaa), адаптированных к нестационарным линейным непрерывно-дискретным системам. Использованы методы компьютерного моделирования и Монте-Карло. Проведенные в статье исследования показали, что фильтры Изанлуу – Фейкуруиана – Джазди – Саймона и Чена – Лю – Чжао – Принципе наиболее удачно справились с обработкой аномальных данных. Учитывая относительную простоту программной реализации первого из указанных фильтров, авторы рекомендуют именно его к практическому применению. При этом приходится считаться с возникающей проблемой оптимального выбора размера гауссовского ядра.

Ключевые слова: фильтр Калмана, критерий максимальной коррентропии, байесовская аппроксимация, робастная фильтрация, аномальные наблюдения, стохастическая непрерывно-дискретная система

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF SOME ROBUST FILTERS FOR NON-STATIONARY LINEAR CONTINUOUS-DISCRETE SYSTEMS

Chubich V.M., Filippova E.V.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: chubich@ami.nstu.ru, e.filippova@corp.nstu.ru

The problem of estimation and filtering in the presence of non-Gaussian noise in state and observation models is considered. The notion correntropy filters and unlike traditional Kalman filter are introduced. Calculation algorithms of some perspective adaptive filters are presented. On the example of the model of straight-line uniformly accelerated motion of the object with the random nature of the anomalous emissions using the developed software, a comparative analysis of the effectiveness of modern robust filters Izanloo – Fakoorian – Yazdi – Simon, Chen – Liu – Zhao – Principe, Wang – Gao – Zhang – Ma and Särkkä – Nummenmaa, adapted to non-stationary linear continuous-discrete systems, is carried out. Computer simulation and Monte Carlo methods were used. Conducted in paper research have shown that the Izanloo – Fakoorian – Yazdi – Simon and Chen – Liu – Zhao – Principe filters have coped most successfully with the processing of anomalous data. Given the relative simplicity of the software implementation of the first of these filters, the authors recommend it for practical use. Thus it is necessary to reckon with a emerging problem of an optimum choice of the size of a Gaussian kernel.

Keywords: Kalman filter, criterion of maximum correntropy, Bayesian approximation, robust filtering, outliers, stochastic continuous-discrete system

Необходимость решения задач оценивания и фильтрации возникает во многих технических приложениях. При этом на практике (например, в задачах радиолокации, связи, навигации и управления) часто встречаются ситуации, связанные с наличием аномальных наблюдений, не содержащих достоверной информации об исследуемой системе. Причина этого может быть связана, например, с неисправностями, приводящими к изменению статистических характеристик данных, а также с отклонением распределения шумов системы и измерений от гауссовского. Использование алгоритмов оценивания, не учитывающих возможность появления аномальных наблюдений, может привести к смещению оценок параметров.

В связи с этим представляется целесообразным иметь дело с робастными процедурами оценивания.

Традиционно для решения задач оценивания и фильтрации привлекают фильтр Калмана [1–3], позволяющий находить несмещенные оценки состояния с минимальной дисперсией. Этот фильтр предполагает наличие гауссовских шумов в моделях состояния и наблюдения и будет расходиться при нарушении данного предположения. В настоящий момент разработаны многочисленные робастные модификации фильтра Калмана. Исследований по данной тематике становится все больше [4–6]. В связи с этим возникает практическая целесообразность в сравнении эффективно-

сти наиболее популярных робастных фильтров. В этом отношении особое внимание следует уделить появившимся относительно недавно так называемым коррентропийным фильтрам [7–9]. Эти фильтры являются наиболее популярными и заключаются в использовании в качестве критерия оптимальности критерия максимума коррентропии. Коррентропия определяется как статистическая мера близости между двумя случайными величинами и позволяет учитывать моменты второго и более высокого порядка. Таким образом, применение данных фильтров способствует получению качественных оценок вектора состояния при наличии негауссовских шумов.

В [10] был проведен сравнительный анализ некоторых широко известных робастных фильтров для нестационарных линейных дискретных систем. В результате проведенных исследований выявлены

два наиболее эффективных фильтра. Ими оказались фильтры Изанлу (Izanloo) – Фейкуриана (Fakoorian) – Джазди (Yazdi) – Саймона (Simon) [7] и Сярккя (Särkkä) – Нумменмаа (Nummenmaa) [4], известные по англоязычным публикациям как фильтры МСС-KF (От Maximum Correntropy Criterion Kalman Filter) и VB-AKF (От Variational Bayesian Adaptive Kalman Filter) соответственно. Настоящая работа является продолжением и естественным развитием основных результатов из [10].

На примере непрерывно-дискретной модели прямолинейного равноускоренного движения объекта провести сравнительный анализ эффективности указанных фильтров с двумя новыми коррентропийными фильтрами и выявить наиболее качественные из них.

Рассмотрим следующую управляемую, наблюдаемую модель стохастической системы в пространстве состояний:

$$\frac{d}{dt}x(t) = F(t)x(t) + \Psi(t)u(t) + \Gamma(t)w(t), \quad t \in [t_0, t_N], \quad (1)$$

$$y(t_{k+1}) = H(t_{k+1})x(t_{k+1}) + v(t_{k+1}), \quad k = 0, 1, \dots, N-1. \quad (2)$$

Здесь $x(t)$ – n – вектор состояния, $u(t)$ – детерминированный r – вектор управления, $w(t)$ – p – вектор шума системы (возмущения), $y(t_{k+1})$ – m – вектор измерения (наблюдения), $v(t_{k+1})$ – m – вектор шума измерения.

Будем считать, что:

– случайные векторы $w(t)$ и $v(t_{k+1})$ являются стационарными белыми гауссовскими шумами, для которых

$$E[w(t)] = 0, \quad E[w(t)w^T(\tau)] = Q(t)\delta(t - \tau),$$

$$E[v(t_{k+1})] = 0, \quad E[v(t_{k+1})v^T(t_{i+1})] = R(t_{k+1})\delta_{ki},$$

$$E[v(t_{k+1})w^T(\tau)] = 0$$

(здесь $E[\cdot]$ – оператор математического ожидания, $\delta(t - \tau)$ – дельта-функция Дирака, δ_{ki} – символ Кронекера);

– начальное состояние $x(t_0)$ имеет нормальное распределение с параметрами

$$E[x(t_0)] = \bar{x}_0, \quad E\left\{[x(t_0) - \bar{x}_0][x(t_0) - \bar{x}_0]^T\right\} = P_0$$

и не коррелирует с $w(t)$ и $v(t_{k+1})$.

Необходимо для математической модели (1), (2) с учетом указанных априорных предположений при наличии аномальных наблюдений провести исследование эффективности некоторых перспективных, по нашему мнению, робастных фильтров.

Описание исследуемых фильтров

Приведем ниже некоторые современные адаптивные фильтры, позволяющие получать оценки вектора состояния, а также ковариационной матрицы ошибок оценивания при наличии аномальных наблюдений.

Имея дело с негауссовскими шумами в (1), (2), методы максимальной коррентропии предполагают вместо классического критерия минимума среднеквадратичной ошибки использовать следующий критерий оптимальности:

$$\max_{\hat{x}(t_{k+1}|t_{k+1})} \left\{ G_{\sigma}(\hat{x}(t_{k+1}|t_{k+1}), \hat{x}(t_{k+1}|t_k)) + G_{\sigma}(y(t_{k+1}), \hat{y}(t_{k+1})) \right\}, \quad (3)$$

где

$G_{\sigma}(x, y) = \exp\left\{-\|x - y\|^2 / (2\sigma^2)\right\}$ – функция ядра Гаусса;

$\hat{x}(t_{k+1}|t_{k+1})$ – оценка фильтрации вектора состояния в момент времени t_{k+1} ;

$\hat{x}(t_{k+1}|t_k)$ – оценка одношагового предсказания вектора состояния;

$\hat{y}(t_{k+1}) = H(t_{k+1})\hat{x}(t_{k+1}|t_{k+1})$ – оценка $y(t_{k+1})$, полученная по измерениям $y(t_1), \dots, y(t_{k+1})$.

Следует уточнить, что выбор размера ядра σ существенно влияет на качество работы коррентропийных фильтров. К сожалению, в настоящий момент еще не предложена какая-либо методика для априорного определения σ . В связи с этим данный параметр приходится подбирать опытным путем, что пока является слабым местом всех коррентропийных фильтров. Дополнительно уточним, что при больших значениях σ коррентропийные фильтры начинают работать значительно хуже, так как все более начинают походить на классический фильтр Калмана.

Фильтр Изанлу – Фейкуруиана – Джазди – Саймона сочетает в себе критерий максимальной коррентропии и метод взвешенных наименьших квадратов и использует один шаг метода простых итераций для решения возникающего при оптимизации критерия (3) нелинейного уравнения. Приведем алгоритм данного фильтра с использованием эквивалентных форм представления матричного коэффициента усиления $K(t_{k+1})$ и ковариационной матрицы ошибок фильтрации $P(t_{k+1}|t_{k+1})$ из [11].

Инициализация:

$$\hat{x}(t_0|t_0) = \bar{x}(t_0), \quad P(t_0|t_0) = P(t_0);$$

$$\sigma = \sigma_0.$$

Выполнять в цикле по $k = \overline{0, N-1}$

Одношаговое предсказание:

$$\frac{d}{dt} \hat{x}(t|t_k) = F(t)x(t) + \Psi(t)u(t), \quad t \in [t_k, t_{k+1}];$$

$$\frac{d}{dt} P(t|t_k) = F(t)P(t|t_k) + P(t|t_k)F^T(t) + \Gamma(t)Q(t)\Gamma^T(t), \quad t \in [t_k, t_{k+1}].$$

Фильтрация:

$$\varepsilon(t_{k+1}) = y(t_{k+1}) - H(t_{k+1})\hat{x}(t_{k+1}|t_k);$$

$$L(t_{k+1}) = \exp\left(-\frac{\varepsilon^T(t_{k+1})R^{-1}(t_{k+1})\varepsilon(t_{k+1})}{2\sigma^2}\right);$$

$$B(t_{k+1}) = H(t_{k+1})P(t_{k+1}|t_k)L(t_{k+1})H^T(t_{k+1}) + R(t_{k+1});$$

$$K(t_{k+1}) = P(t_{k+1}|t_k)L(t_{k+1})H^T(t_{k+1})B^{-1}(t_{k+1});$$

$$\hat{x}(t_{k+1}|t_{k+1}) = \hat{x}(t_{k+1}|t_k) + K(t_{k+1})\varepsilon(t_{k+1});$$

$$P(t_{k+1}|t_{k+1}) = [I - K(t_{k+1})H(t_{k+1})]P(t_{k+1}|t_k).$$

Конец цикла.

В фильтре Чена – Лю – Чжао – Принципэ (в англоязычных публикациях он известен как фильтр МСКФ (От Maximum Correntropy Kalman filter)) [8] для решения оптимизационной задачи (3) был предложен новый алгоритм, использующий несколько шагов метода простых итераций (их количество зависит от выбранного параметра ε), обладающий высокой сходимостью и позволяющий находить оценки фильтрации и ковариационной матрицы ошибки фильтрации.

Инициализация:

$$\hat{x}(t_0 | t_0) = \bar{x}(t_0), P(t_0 | t_0) = P(t_0);$$

$$\sigma = \sigma_0, \varepsilon = \varepsilon_0.$$

Выполнять в цикле по $k = \overline{0, N-1}$

Одношаговое предсказание:

$$\frac{d}{dt} \hat{x}(t | t_k) = F(t)x(t) + \Psi(t)u(t), t \in [t_k, t_{k+1}];$$

$$\frac{d}{dt} P(t | t_k) = F(t)P(t | t_k) + P(t | t_k)F^T(t) + \Gamma(t)Q(t)\Gamma^T(t), t \in [t_k, t_{k+1}].$$

Фильтрация:

$$\varepsilon(t_{k+1}) = y(t_{k+1}) - H(t_{k+1})\hat{x}(t_{k+1} | t_k);$$

$$B_p(t_{k+1} | t_k)B_p^T(t_{k+1} | t_k) = P(t_{k+1} | t_k);$$

$$B_r(t_{k+1})B_r^T(t_{k+1}) = R(t_{k+1});$$

$$D(t_{k+1}) = \begin{bmatrix} B_p(t_{k+1}) & O_{n \times m} \\ O_{m \times n} & B_r(t_{k+1}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \hat{x}(t_{k+1} | t_k) \\ y(t_{k+1}) \end{bmatrix};$$

$$W(t_{k+1}) = \begin{bmatrix} B_p(t_{k+1}) & O_{n \times m} \\ O_{m \times n} & B_r(t_{k+1}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} I_{n \times n} \\ H(t_{k+1}) \end{bmatrix};$$

$$\hat{x}^0(t_{k+1} | t_{k+1}) = \hat{x}(t_{k+1} | t_k);$$

Выполнять в цикле по $i = \overline{1, L}$

$$\tilde{\varepsilon}^i(t_{k+1}) = D(t_{k+1}) - W(t_{k+1})\hat{x}^{i-1}(t_{k+1} | t_{k+1});$$

$$C_x(t_{k+1}) = \text{diag} \left(\exp \left(-\frac{(\tilde{\varepsilon}_1^i(t_{k+1}))^2}{2\sigma^2} \right), \dots, \exp \left(-\frac{(\tilde{\varepsilon}_n^i(t_{k+1}))^2}{2\sigma^2} \right) \right);$$

$$C_y(t_{k+1}) = \text{diag} \left(\exp \left(-\frac{(\tilde{\varepsilon}_{n+1}^i(t_{k+1}))^2}{2\sigma^2} \right), \dots, \exp \left(-\frac{(\tilde{\varepsilon}_{n+m}^i(t_{k+1}))^2}{2\sigma^2} \right) \right);$$

$$R^i(t_{k+1}) = B_r(t_{k+1})C_y^{-1}(t_{k+1})B_r^T(t_{k+1});$$

$$P^i(t_{k+1} | t_k) = B_p(t_{k+1} | t_k)C_x^{-1}(t_{k+1})B_p^T(t_{k+1} | t_k);$$

$$B^i(t_{k+1}) = H(t_{k+1})P^i(t_{k+1} | t_k)H^T(t_{k+1}) + R^i(t_{k+1});$$

$$K^i(t_{k+1}) = P^i(t_{k+1} | t_k)H^T(t_{k+1})B^i(t_{k+1})^{-1};$$

$$\hat{x}^i(t_{k+1} | t_{k+1}) = \hat{x}(t_{k+1} | t_k) + K^i(t_{k+1})\varepsilon(t_{k+1}).$$

Если $\frac{\|\hat{x}^i(t_{k+1} | t_{k+1}) - \hat{x}^{i-1}(t_{k+1} | t_{k+1})\|}{\|\hat{x}^{i-1}(t_{k+1} | t_{k+1})\|} \leq \varepsilon$, то $\hat{x}(t_{k+1} | t_{k+1}) = \hat{x}^i(t_{k+1} | t_{k+1})$ и конец цикла по i .

$$P(t_{k+1} | t_{k+1}) = [I - K^i(t_{k+1})H(t_{k+1})]P^i(t_{k+1} | t_k).$$

Конец цикла по k .

Фильтр Вана – Гао – Чжана – Ма (в англоязычных публикациях он известен как фильтр VBMSGF (От Variation Bayesian Maximum Correntropy Gaussian Filter)) [9] так же основан на критерии максимальной коррентропии в сочетании с вариационным байесовским оцениванием и используется при оценивании вектора состояния системы с неизвестными ковариационными матрицами негауссовских шумов.

Инициализация:

$$\begin{aligned} \hat{x}(t_0 | t_0) &= \bar{x}(t_0), \quad P(t_0 | t_0) = P(t_0); \\ \mathbf{v}(t_0 | t_0) &= \mathbf{v}_0, \quad V(t_0 | t_0) = V_0, \quad \sigma = \sigma_0, \quad \rho = \rho_0 \in (0, 1], \quad L = L_0. \end{aligned}$$

Выполнять в цикле по $k = \overline{0, N-1}$

Одношаговое предсказание:

$$\frac{d}{dt}\hat{x}(t | t_k) = F(t)x(t) + \Psi(t)u(t), \quad t \in [t_k, t_{k+1}];$$

$$\frac{d}{dt}P(t | t_k) = F(t)P(t | t_k) + P(t | t_k)F^T(t) + \Gamma(t)Q(t)\Gamma^T(t), \quad t \in [t_k, t_{k+1}].$$

Фильтрация:

$$\mathbf{v}(t_{k+1} | t_k) = \rho(\mathbf{v}(t_k | t_k) - n - 1) + n + 1;$$

$$V(t_{k+1} | t_k) = \sqrt{\rho}IV(t_k | t_k)(\sqrt{\rho}I)^T;$$

$$\hat{x}^1(t_{k+1} | t_{k+1}) = \hat{x}(t_{k+1} | t_k);$$

$$P^1(t_{k+1} | t_{k+1}) = P(t_{k+1} | t_k);$$

$$\mathbf{v}(t_{k+1} | t_{k+1}) = 1 + \mathbf{v}(t_{k+1} | t_k);$$

$$V^1(t_{k+1} | t_{k+1}) = V(t_{k+1} | t_k);$$

$$\varepsilon(t_{k+1}) = y(t_{k+1}) - H(t_{k+1})\hat{x}(t_{k+1} | t_k);$$

Выполнять в цикле по $i = \overline{1, L}$

$$S^i(t_{k+1})(S^i(t_{k+1}))^T = (\mathbf{v}(t_{k+1} | t_{k+1}) - n - 1)^{-1}V^i(t_{k+1} | t_{k+1});$$

$$\tilde{\varepsilon}^i(t_{k+1}) = S^i(t_{k+1})^{-1}\varepsilon(t_{k+1});$$

$$C^i(t_{k+1}) = \text{diag} \left(\exp \left(-\frac{(\tilde{\varepsilon}_1^i(t_{k+1}))^2}{2\sigma^2} \right), \dots, \exp \left(-\frac{(\tilde{\varepsilon}_m^i(t_{k+1}))^2}{2\sigma^2} \right) \right);$$

$$R^i(t_{k+1}) = S^i(t_{k+1})C^i(t_{k+1})^{-1}(S^i(t_{k+1}))^T;$$

$$B^{i+1}(t_{k+1}) = H(t_{k+1})P(t_{k+1} | t_k)H^T(t_{k+1}) + R^i(t_{k+1});$$

$$\begin{aligned}
K^{i+1}(t_{k+1}) &= P(t_{k+1} | t_k) H^T(t_{k+1}) B^{i+1}(t_{k+1})^{-1}; \\
\hat{x}^{i+1}(t_{k+1} | t_{k+1}) &= \hat{x}(t_{k+1} | t_k) + K^{i+1}(t_{k+1}) \varepsilon(t_{k+1}); \\
P^{i+1}(t_{k+1} | t_{k+1}) &= P(t_{k+1} | t_k) - K^{i+1}(t_{k+1}) B^{i+1}(t_{k+1}) (K^{i+1}(t_{k+1}))^T; \\
V^{i+1}(t_{k+1} | t_{k+1}) &= V(t_{k+1} | t_k) + H(t_{k+1}) P^{i+1}(t_{k+1} | t_{k+1}) H^T(t_{k+1}) + \\
&+ (y(t_{k+1}) - H(t_{k+1}) \hat{x}^{i+1}(t_{k+1} | t_{k+1})) (y(t_{k+1}) - H(t_{k+1}) \hat{x}^{i+1}(t_{k+1} | t_{k+1}))^T.
\end{aligned}$$

Конец цикла по i .

$$\begin{aligned}
V(t_{k+1} | t_{k+1}) &= V^{L+1}(t_{k+1} | t_k); \\
\hat{x}(t_{k+1} | t_{k+1}) &= \hat{x}^{L+1}(t_{k+1} | t_{k+1}); \\
P(t_{k+1} | t_{k+1}) &= P^{L+1}(t_{k+1} | t_{k+1}).
\end{aligned}$$

Конец цикла по k .

Фильтр Сярккя – Нумменмаа не относится к коррентропийным. Он получен на основе вариационного байесовского оценивания в предположении, что ковариационная матрица шума измерений $R(t_{k+1})$ порядка m считается диагональной и неизвестной.

Инициализация:

$$\begin{aligned}
\hat{x}(t_0 | t_0) &= \bar{x}(t_0), \quad P(t_0 | t_0) = P(t_0); \\
\alpha(t_0 | t_0) &= (\alpha_{10}, \alpha_{20}, \dots, \alpha_{m0}), \quad \beta(t_0 | t_0) = (\beta_{10}, \beta_{20}, \dots, \beta_{m0}); \\
L &= L_0.
\end{aligned}$$

Выполнять в цикле по $k = \overline{0, N-1}$

Одношаговое предсказание:

$$\frac{d}{dt} \hat{x}(t | t_k) = F(t)x(t) + \Psi(t)u(t), \quad t \in [t_k, t_{k+1}];$$

$$\frac{d}{dt} P(t | t_k) = F(t)P(t | t_k) + P(t | t_k)F^T(t) + \Gamma(t)Q(t)\Gamma^T(t), \quad t \in [t_k, t_{k+1}].$$

Фильтрация:

$$\begin{aligned}
\varepsilon(t_{k+1}) &= y(t_{k+1}) - H(t_{k+1}) \hat{x}(t_{k+1} | t_k); \\
\alpha(t_{k+1} | t_{k+1}) &= \left(\frac{1}{2} + \alpha_1(t_k | t_k), \dots, \frac{1}{2} + \alpha_m(t_k | t_k) \right); \\
\beta^0(t_{k+1} | t_{k+1}) &= \beta(t_k | t_k).
\end{aligned}$$

Выполнять в цикле по $i = \overline{1, L}$

$$R^i(t_{k+1}) = \text{diag} \left(\frac{\beta_1^{i-1}(t_{k+1} | t_{k+1})}{\alpha_1(t_{k+1} | t_{k+1})}, \dots, \frac{\beta_m^{i-1}(t_{k+1} | t_{k+1})}{\alpha_m(t_{k+1} | t_{k+1})} \right);$$

$$B^i(t_{k+1}) = H(t_{k+1})P(t_{k+1} | t_k)H^T(t_{k+1}) + R^i(t_{k+1});$$

$$K^i(t_{k+1}) = P(t_{k+1} | t_k) H^T(t_{k+1}) B^i(t_{k+1})^{-1};$$

$$\hat{x}^i(t_{k+1} | t_{k+1}) = \hat{x}(t_{k+1} | t_k) + K^i(t_{k+1})\varepsilon(t_{k+1});$$

$$P^i(t_{k+1} | t_{k+1}) = [I - K^i(t_{k+1})H(t_{k+1})]P(t_{k+1} | t_k).$$

Выполнять в цикле по $j = \overline{1, m}$

$$\beta_j^i(t_{k+1} | t_{k+1}) = \beta_j(t_k | t_k) + \frac{1}{2} \left((y(t_{k+1}) - H(t_{k+1})\hat{x}^i(t_{k+1} | t_{k+1})) \right)_j^2 + \frac{1}{2} (H(t_{k+1})P^i(t_{k+1} | t_{k+1})H^T(t_{k+1}))_{jj}.$$

Конец цикла по j .

Конец цикла по i .

$$\hat{x}(t_{k+1} | t_{k+1}) = \hat{x}^L(t_{k+1} | t_{k+1});$$

$$P(t_{k+1} | t_{k+1}) = P^L(t_{k+1} | t_{k+1});$$

$$\beta(t_{k+1} | t_{k+1}) = \beta^L(t_{k+1} | t_{k+1}).$$

Конец цикла по k .

Результаты исследования и их обсуждение

Проведем исследование эффективности указанных подходов на примере модели прямолинейного равноускоренного движения объекта под влиянием внешней среды. Первая компонента состояния – это положение объекта, вторая – скорость, третья – ускорение. Предположим, измеряется (с некоторой ошибкой) скорость объекта. Модели состояния и измерения приведены ниже.

$$\frac{d}{dt}x(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} x(t) + w(t), \quad t \in [0, 10];$$

$$y(t_{k+1}) = [0 \quad 1 \quad 0]x(t_{k+1}) + v(t_{k+1}), \quad k = 0, 1, \dots, 99.$$

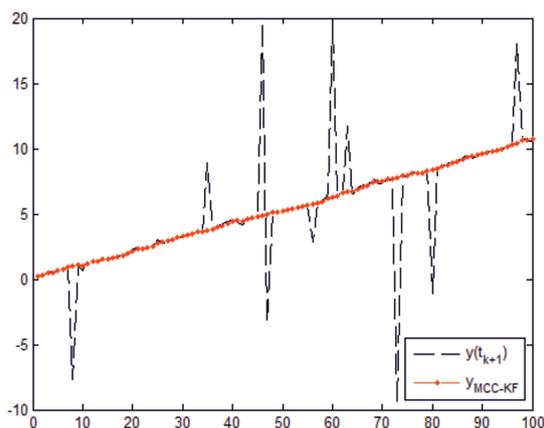
Будем считать, что выполняются все априорные предположения, высказанные при постановке задачи, причем $Q(t_{k+1}) = \text{diag}[0.01, 0.01, 0.01]$, $R(t_{k+1}) = 0.01$, $\bar{x}(t_0) = [0, 0, 1]^T$, $P_0 = \text{diag}[0.01, 0.01, 0.01]$. Примем, что измерения производятся равномерно через каждые $\Delta t = 0,1$ с и значения различных параметров в исследуемых фильтрах выбраны в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

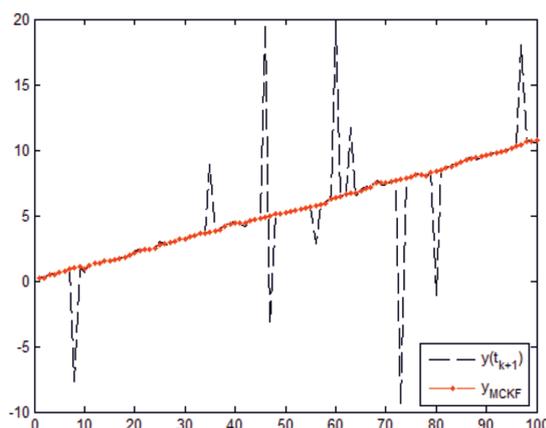
Значение параметров робастных фильтров

Фильтр	Значение параметров фильтра
МСС-KF	$\sigma_0 = 10$
МСКF	$\sigma_0 = 10, \varepsilon_0 = 10^{-8}$
VBMCGF	$v_0 = 4, V_0 = \text{diag}[0, 1, 0, 1], \sigma_0 = 10, \rho_0 = 0,8, L_0 = 4$
VB-AKF	$\alpha_{i_0} = \beta_{i_0} = 1, i = 1, \dots, m, L_0 = 4$

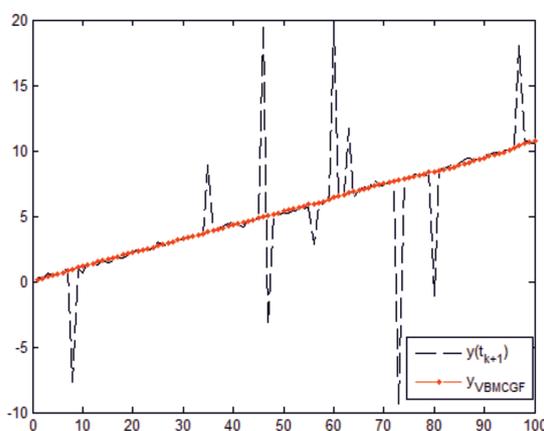
Смоделируем с помощью программной среды Matlab выборку с аномальными наблюдениями, задав коэффициент загрязнения выборки $\lambda = 0,1$ и дисперсию шума аномальных наблюдений $R_A(t_{k+1}) = 10000R(t_{k+1})$. Предположим, что обрабатываются данные со случайным характером аномальных измерений. Приведем графическое представление результатов фильтрации на рисунке.



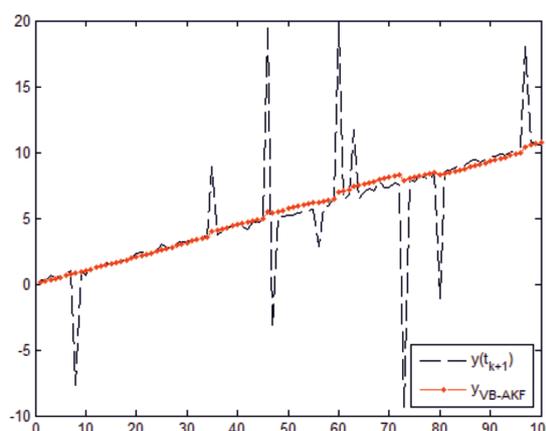
а)



б)



в)



г)

Графическое представление $y(t_{k+1})$ и $\hat{y}(t_{k+1})$ при использовании:
а) MCC-KF; б) MCKF; в) VBMCGF; г) VB-AKF

Для ослабления зависимости результатов оценивания от выборочных данных проведем $M = 100$ различных запусков системы. О качестве оценивания будем судить по значению усредненного квадратного корня среднеквадратичной ошибки (Root Mean Square Error), которое будем вычислять для каждой компоненты вектора состояния по следующей формуле:

$$RMSE_i = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^M \sum_{k=0}^{N-1} (x_i^j(t_{k+1}) - \hat{x}_i^j(t_{k+1} | t_{k+1}))^2}.$$

Здесь под $x_i^j(t_{k+1})$ и $\hat{x}_i^j(t_{k+1} | t_{k+1})$ понимаются, соответственно, значения i -й компоненты вектора состояния и оценки фильтрации, полученные при j -м запуске системы. Численные результаты фильтрации представлены в табл. 2.

Таблица 2

Численные результаты процедуры фильтрации

Фильтр	$RMSE_1$	$RMSE_2$	$RMSE_3$	$\ RMSE\ $
MCC-KF	0,180	0,093	0,112	0,232
MCKF	0,173	0,092	0,107	0,224
VBMCGF	0,271	0,162	0,111	0,334
VB-AKF	0,926	0,358	0,133	1,002

Исходя из табл. 2, можно сделать вывод, что среди рассмотренных фильтров наиболее устойчивыми к обработке измерительных данных с аномальными наблюдениями оказались фильтры Изанлу – Фейкуриана – Джазди – Саймона и Чена – Лю – Чжао – Принципэ.

Выводы

В работе проведено исследование эффективности некоторых современных робастных фильтров для моделей стохастических непрерывно-дискретных систем. При этом наилучшие и вполне сопоставимые между собой результаты показали фильтры Изанлу – Фейкуриана – Джазди – Саймона и Чена – Лю – Чжао – Принципэ. Учитывая относительную простоту программной реализации первого из указанных фильтров, авторы рекомендуют его к практическому применению.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-31-00283.

Список литературы

1. Сейдж Э., Мелс Дж. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении / пер. с англ. М.: Связь, 1976. 496 с.
2. Огарков М.А. Методы статистического оценивания параметров случайных процессов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 208 с.
3. Grewal M.S., Andrews A.P. Kalman filtering: theory and practice using MATLAB. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 575 p.
4. Sarkka S., Nummenmaa A. Recursive noise adaptive Kalman filtering by variational Bayesian approximations. IEEE Transactions on Automatic control. 2009. Vol. 54. P. 596–600.
5. Bavdekar V.A., Deshpande A.P. and Patwardhan S.C. Identification of process and measurement. Journal of Process Control. 2011. Vol. 21. P. 585–601.
6. Gao W., Li J., Zhou J., Li Q. Adaptive Kalman filtering with recursive noise estimator for integrated SINS/ DVL systems. The journal of navigation. 2015. Vol. 68. P. 140–161.
7. Izanloo R., Fakoorian S.A., Yazdi H.S., Simon D. Kalman filtering based on the maximum correntropy criterion in the presence of non-Gaussian noise. Annual Conference on Information Science and Systems (CISS), Princeton, USA: proceedings. 2016. P. 500–505.
8. Chen B., Liu X., Zhao H., Principe J. Maximum correntropy Kalman filter. Automatica. 2017. Vol. 76. P. 70–77.
9. Wang G., Gao Z., Zhang Y., Ma B. Adaptive Maximum Correntropy Gaussian Filter Based on Variational Bayes. Sensors 2018. Vol. 18 (6). 1960.
10. Чубич В.М., Прокофьева А.Э. Сравнительный анализ некоторых робастных фильтров для нестационарных линейных дискретных систем // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 12 (131). С. 123–137.
11. Kulikova M.V. Square-root algorithms for maximum correntropy estimation of linear discrete-time systems in presence of non-Gaussian noise. Systems & Control Letters. 2017. Vol. 108. P. 8–15.

УДК 661.8:54.05

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВА ШПИНЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ ФЕРРИТ-ХРОМИТ ЦИНКА

¹Шабельская Н.П., ¹Зеленская Е.А., ¹Семченко В.В., ¹Деева А.С., ²Нестеров А.А.

¹ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: shabelskaya.nina@yandex.ru;

²ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону

В представленном исследовании обсужден процесс формирования структуры шпинели в системе состава $ZnMe_2O_4$ (где $Me = Fe^{3+}, Cr^{3+}$), обсужден механизм, который включает стадию образования гидроксидов железа (III), хрома (III), цинка, перехода их в комплексы с участием хелатирующих агентов с последующим разложением в процессе термообработки с образованием материалов с пористой структурой. Изучение структуры формирующихся материалов проведено с применением рентгенофазового анализа, сканирующей электронной микроскопии, метода низкотемпературной адсорбции азота. Рассчитан средний размер кристаллитов образующихся частиц с привлечением метода Дебая – Шеррера. Предложены формулы образующихся комплексных прекурсоров. Показано, что в составах, содержащих хром, при термообработке образуется дополнительно сульфат цинка, для удаления которого необходима дополнительная термообработка образцов, что приводит к снижению площади поверхности синтезированных материалов. Снижение величины площади поверхности образцов сопровождается уменьшением каталитической активности. Установлена повышенная каталитическая активность полученных шпинелей в процессе деструкции метилового оранжевого под действием пероксида водорода. Этот результат может быть полезен для выбора способа получения материалов для очистки сточных вод промышленных предприятий, которые применяют в производственных циклах органические красители.

Ключевые слова: хромит цинка, феррит цинка, шпинели, окислительная деструкция органических красителей

THE FORMATION OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF SPINELS IN THE SYSTEM OF FERRITE-CHROMITE ZINC

¹Shabelskaya N.P., ¹Zelenskaya E.A., ¹Semchenko V.V., ¹Deeva A.S., ²Nesterov A.A.

¹Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Nowotsherkassk,
e-mail: nina_shabelskaya@mail.ru;

²Southern Federal University, Rostov-on-Don

Based on the study of the process of spinel structure formation in the $ZnMe_2O_4$ ($Me = Fe^{3+}, Cr^{3+}$) composition system, the mechanism, which includes the stage of formation of iron (III), chromium (III), zinc hydroxides, their transition to complexes with the participation of chelating agents, followed by decomposition in the heat treatment process with the formation of materials with a porous structure, is discussed. The structure was studied using X-ray phase analysis, scanning electron microscopy low-temperature nitrogen adsorption and the Debye-Scherrer method. The formulas of the resulting complex precursors are proposed. It is shown that in the compositions containing chromium, zinc sulfate is formed additionally during heat treatment, for the removal of which additional heat treatment of samples is necessary, which leads to a decrease in the surface area of the synthesized materials. The decrease in the surface area of the samples is accompanied by a decrease in catalytic activity. The high catalytic activity of the synthesized materials in the process of oxidative destruction of methyl orange in the presence of hydrogen peroxide is established, which can be useful for the development of materials for wastewater treatment of industrial enterprises using organic dyes in production cycles.

Keywords: chromite of zinc, ferrite of zinc, spinel, oxidative degradation of organic dyes

Поликристаллические керамические материалы на основе переходных элементов состава $ZnMe_2O_4$ ($Me = Fe^{3+}, Cr^{3+}$) широко используются в ряде важных технологических процессов. Например, $ZnCr_2O_4$ проявляет повышенную каталитическую активность в реакциях дегидроциклизации $CH_3(NH_2)-CH_2(NH_2)$ в синтезе с глицерином [1], метилирования толуола ($C_6H_5-CH_3$) с использованием синтез-газа [2], кетонизации карбоновых кислот [3]. $ZnFe_2O_4$ может быть использован как анод литий-ионных аккумуляторов [4], сенсор [5], адсорбент катионов тяжелых металлов [6]. Одним из перспективных направлений применения ферритов и хромитов цинка является использование

их в качестве фотокатализатора [7, 8]. Научный интерес к синтезу и изучению свойств оксидных соединений в системе $ZnMe_2O_4$ ($Me = Fe^{3+}, Cr^{3+}$) стабильно высокий.

Синтез оксидных соединений со структурой шпинели может быть осуществлен как с применением классической керамической технологии [9, 10], так и с применением различных активированных методов, среди которых можно выделить гидротермальные, механохимические процессы и т.п. Формирование структуры шпинели в ходе классической керамической технологии позволяет получать материалы с заданным, точно контролируемым составом. Однако такие образцы имеют высокую степень окристалли-

зованности, что является неблагоприятным фактором в каталитических процессах. Кроме того, синтез твердых материалов из оксидов – длительный и энергоемкий процесс. Получение материалов с применением гидротермальных методов либо механическая активация поверхности исходных оксидов требуют применения специализированной аппаратуры, что не во всех случаях оказывается экономически целесообразным. Для синтеза наноразмерных ферритов и хромитов со структурой шпинели наиболее широко применяют метод М. Печини с использованием в качестве структурообразующего вещества органического темплата, например, глицин [11], лимонную кислоту [12], полиакриламид [13]. Как правило, в классическом варианте реализации подобной технологии, используют нитраты металлов, соответствующих рецептуре, этиленгликоль в качестве структурообразующего прекурсора. Получение наноструктурированных материалов позволяет управлять процессом синтеза образцов с развитой поверхностью. Данное обстоятельство приобретает исключительную важность в реакциях, для которых оценкой эффективности выступает число активных центров на единицу массы образца, в первую очередь – адсорбционными, каталитическими. В этой связи основной целью настоящего исследования было изучение возможности получения образцов со структурой шпинели в системе $ZnMe_2O_4$ ($Me = Fe^{3+}, Cr^{3+}$) с применением двух органических прекурсоров, характеристика особенностей структуры и каталитической активности материалов в реакции окислительной деструкции пероксидом водорода органического красителя.

Материалы и методы исследования

Для приготовления образцов ферритов и хромитов цинка были использованы растворы солей переходных металлов с концентрацией 1,0 моль/л, приготовленные из реактивов квалификации «хч»: нитрата железа (III) 9-водного $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, сульфата хрома (III) 18-водного $Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, нитрата цинка (II) 6-водного $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Растворы отмеряли в стехиометрическом соотношении, затем помещали в реакционный сосуд из нержавеющей стали, добавляли при интенсивном перемешивании концентрированный водный раствор NH_3 , при этом значения pH поддерживали в интервале 7,5–8. Образующийся осадок гидроксидов переходных металлов растворяли в растворе лимонной кислоты с концентрацией 6,0–7,0 моль/л, выпаривали. Образовавшийся сухой остаток подвергали термообработке до полного разложения органической составляющей. С применением таких технологических приемов были получены образцы феррита цинка $ZnFe_2O_4$ (образец 1), хромита цинка $ZnCr_2O_4$ (образец 2), смешанного феррита-хромита цинка состава $ZnFe_{0,6}Cr_{1,4}O_4$ (образец 3).

С целью изучения влияния органического прекурсора на процесс фазообразования в оксидной системе $ZnO-Fe_2O_3$, был получен образец феррита

цинка по методике, описанной выше, с заменой лимонной кислоты на полиакриламид (образец 4).

Фазовый состав полученных материалов изучали на дифрактометре ARL X'TRA, использовали Cu-K α излучение. Идентификацию фазы шпинели проводили по линиям 220, 311, 400, 422, 440. Для определения площади поверхности порошков использовали метод BET, применяли аппарат ChemiSorb 2750 в Центре коллективного пользования «Нанотехнологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова.

Определение среднего размера кристаллов формирующихся шпинелей D , нм, проводили по уравнению Дебая – Шеррера по линии 311:

$$D = \frac{0,94 \cdot \lambda}{B \cdot \cos \Theta},$$

где $\lambda = 1,5406$ нм – длина волны, B – полная ширина пика на уровне половины интенсивности, θ – угол дифракции.

Каталитическую активность полученных образцов изучали на модельном растворе органического красителя метилового оранжевого по методике, подробное описание которой приведено в работе [14]. Определение концентрации метилового оранжевого в растворе проводили фотоколориметрическим методом. Степень каталитической деструкции (P) вычисляли по формуле

$$P = \frac{C_0 - C}{C_0} 100,$$

где C_0 – начальная концентрация раствора, мг/л; C – текущее значение концентрации раствора, мг/л.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного исследования был получен ряд образцов в виде пористых рыхлых материалов темно-зеленого (для хром-содержащих систем) и черного (феррит цинка) цвета. Рентгенограммы синтезированных образцов приведены на рис. 1 (на рисунке индексированы линии, принадлежащие шпинели). Согласно полученным данным, образцы 2 и 3 (рис. 2, 3, а) содержат (дополнительно к фазе шпинели) примесную фазу сульфата цинка $ZnSO_4 \cdot H_2O$. Для исключения примесной фазы образцы дополнительно термообработали в течение 30 мин при температуре 800 °С. По окончании данной операции все полученные материалы представляли собой однофазные образцы со структурой кубической шпинели (рис. 1): образец 1 – феррит цинка (Franklinite, PDF Number 010-70-6490), образец 2 – хромит цинка (Zincochromite, PDF Number 010-75-4052), образец 3 – смешанный феррит-хромит цинка (Franklinite, chromian, PDF Number 010-79-5287), образец 4 – феррит цинка (Franklinite, PDF Number 010-74-2397). Параметры элементарной ячейки, рассчитанные значения среднего размера кристаллитов приведены в табл. 1.

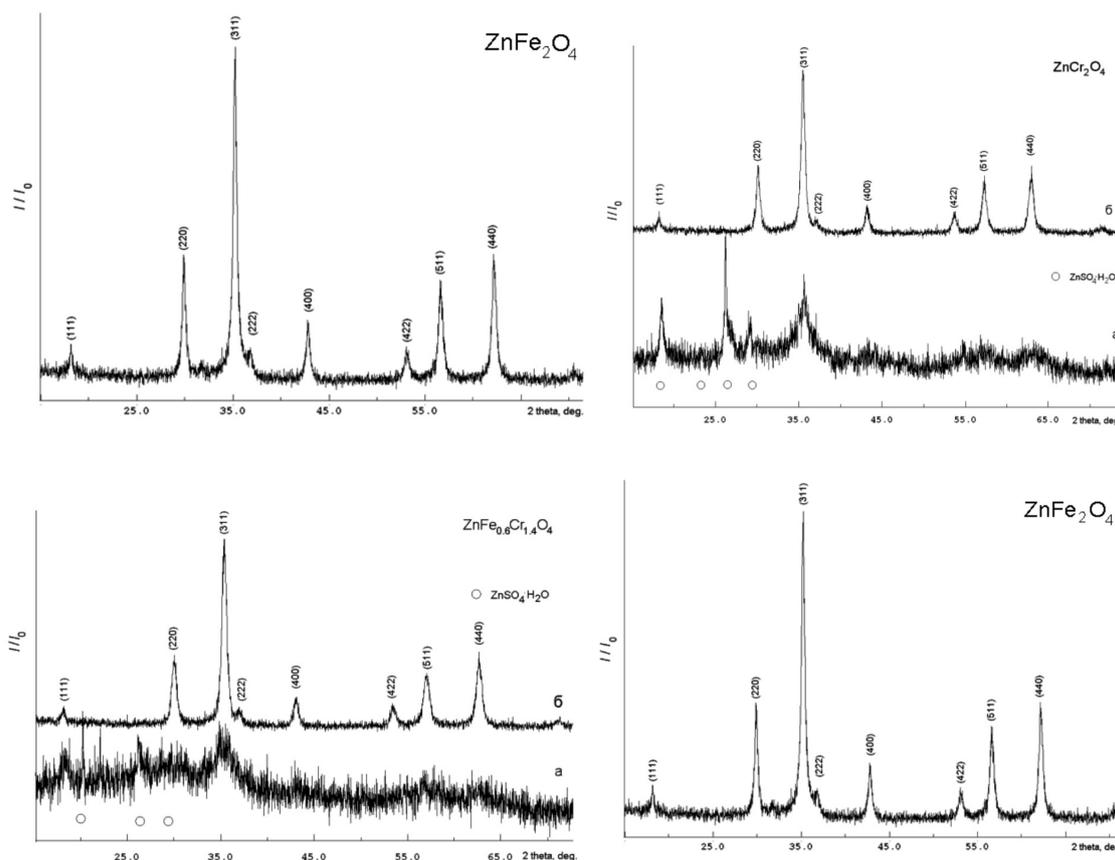


Рис. 1. Рентгенограммы образцов; феррита цинка (образец 1), хромита цинка (образец 2), феррита-хромита цинка (образец 3), феррита цинка (образец 4)

Таблица 1

Параметры решетки, средний размер кристаллов D и значения площади поверхности $S_{\text{ВЕТ}}$ шпинелей

№ п/п	Состав	Органический прекурсор	Параметр решетки a , нм	D , нм	$S_{\text{ВЕТ}}$, м ² /г
1	ZnFe ₂ O ₄	Лимонная кислота	0,8444	3,2	453,1
2	ZnFe _{0.6} Cr _{1.4} O ₄	Лимонная кислота	0,8333	2,1	74,8
3	ZnCr ₂ O ₄	Лимонная кислота	0,8346	2,5	53,6
4	ZnFe ₂ O ₄	Полиакриламид	0,8443	1,9	207,3

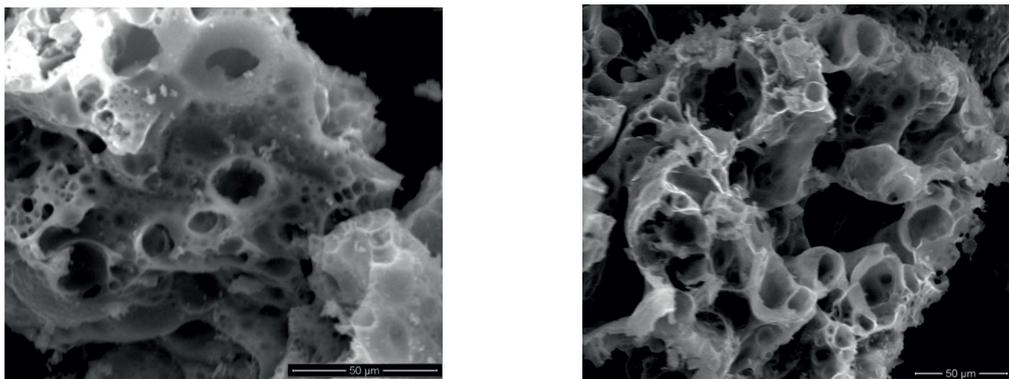
Согласно полученным данным, по мере изоморфного замещения катионов железа катионами хрома в составе твердого раствора ZnFe_{2-x}Cr_xO₄, в системе происходит уменьшение значения параметра кристаллической решетки. Замена органического прекурсора практически не влияет на величину параметра кристаллической решетки.

Образующийся материал для всех образцов имеет вид рыхлого пористого порошка с развитой поверхностью. Для сравнительной характеристики на рис. 2 приведены микрофотографии образцов феррита цинка, синте-

зированного с применением различных органических прекурсоров (образцы 1 и 4).

Процесс фазообразования в сложной оксидной системе ZnFe_{2-x}Cr_xO₄ может протекать по следующему механизму. При растворении исходных солей происходит их диссоциация по уравнениям





а)

б)

Рис. 2. Микрофотографии образцов феррита цинка: а) образец 1, б) образец 4

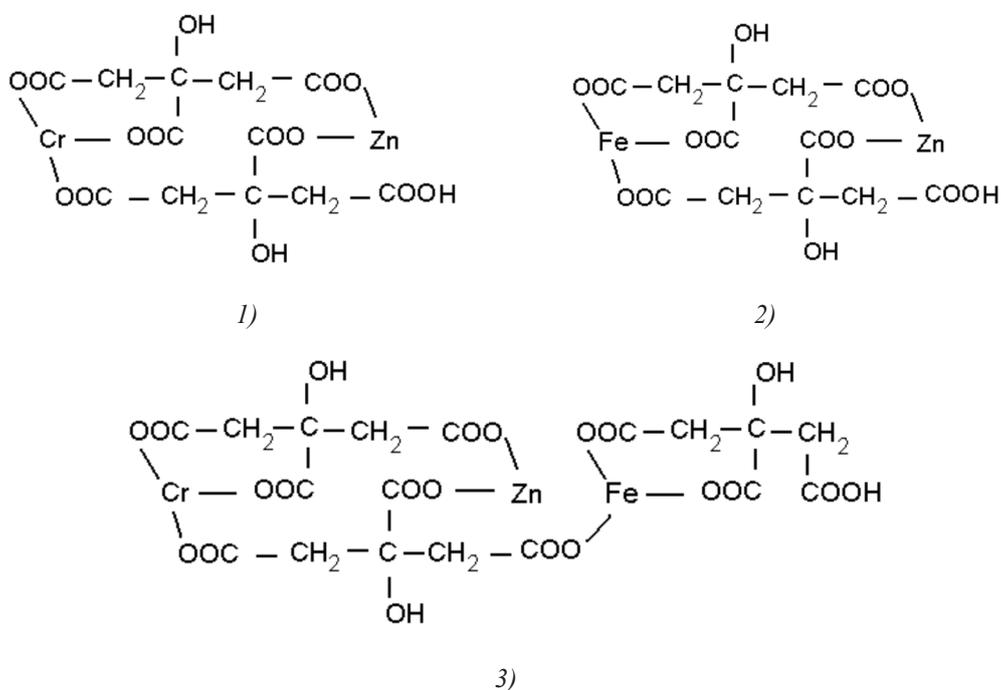
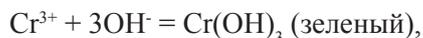
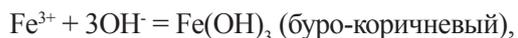


Рис. 3. Схемы промежуточных соединений с участием лимонной кислоты:

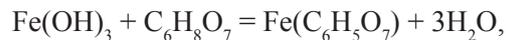
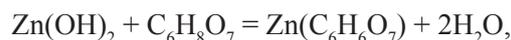
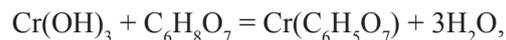
1) ZnCr_2O_4 , 2) ZnFe_2O_4 , 3) $\text{ZnFe}_{0.6}\text{Cr}_{1.4}\text{O}_4$

Ведение в систему раствора аммиака, являющегося источником гидроксид-ионов, образуются осадки, имеющие различную окраску:



при введении лимонной кислоты полученные осадки растворяются с образованием вязкого раствора оливкового цвета, содержащего, по-видимому, цитраты переходных элементов

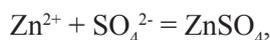
железа и цинка (ZnCr_2O_4 (рис. 3, схема 1), ZnFe_2O_4 (рис. 3, схема 2), $\text{ZnFe}_{0.6}\text{Cr}_{1.4}\text{O}_4$ (рис. 3, схема 3)).



которые находятся в растворе в виде хелатных комплексов с участием катионов хрома, железа и цинка (ZnCr_2O_4 (рис. 3, схема 1), ZnFe_2O_4 (рис. 3, схема 2), $\text{ZnFe}_{0.6}\text{Cr}_{1.4}\text{O}_4$ (рис. 3, схема 3)).

Нагревание реакционной системы приводит к разложению этих комплексов с формированием структуры шпинели состава $ZnFe_{2-x}Cr_xO_4$.

Если в системе присутствует сульфат хрома (III), возможно протекание дополнительной реакции формирования сульфата цинка



который при проведении дополнительной термообработки разлагается с формированием однофазной кубической шпинели.

Формирование структурообразующего комплекса шпинели в присутствии полиакриламида может быть представлено схемой (рис. 4).

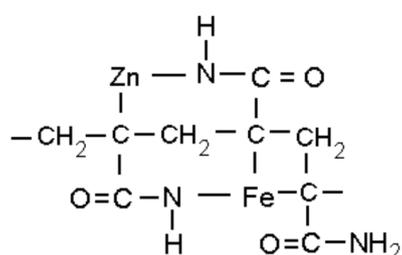


Рис. 4. Схема промежуточного соединения получения $ZnFe_2O_4$ с полиакриламидом

Каталитическую активность полученных шпинелей изучали на примере реакции окислительной деструкции пероксидом водорода H_2O_2 органического красителя (метилового оранжевого). Согласно полученным данным установлено, что все изученные материалы являются каталитически активными в процессе Фентона. На рис. 5 приведена временная зависимость количества метилового оранжевого, который подвергся деструкции.

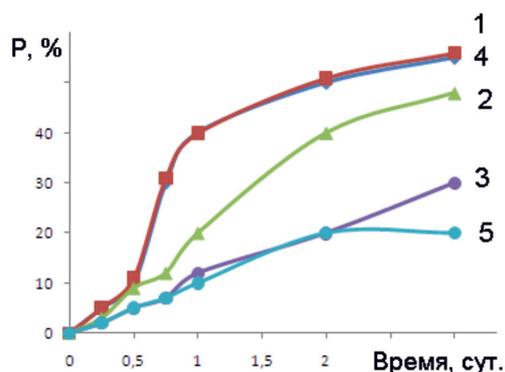


Рис. 5. Временная зависимость степени разложения метилового оранжевого, обозначения: 1 – образец 1, 2 – образец 2, 3 – образец 3, 4 – образец 4, 5 – система без катализатора

Согласно полученным данным, степень деструкции органического красителя в исследуемом каталитическом процессе увеличивается с увеличением степени дисперсности шпинелей. Наиболее высокую активность проявляют образцы феррита цинка, однако для образцов 1 и 4, полученных с введением разных органических прекурсоров (лимонной кислоты и полиакриламида), этот показатель практически одинаков. Такой результат может быть связан с наличием наиболее развитой поверхности у образцов феррита цинка. Полученные в ходе проведенного исследования результаты могут быть полезны при выборе перспективных материалов и технологий их синтеза. Оксидные системы на основе ферритов цинка могут быть использованы в системах водоподготовки промышленных предприятий, использующих в производственных циклах органические красители.

Выводы

В исследовании предложен механизм формирования пористой структуры шпинели в системе $ZnFe_{2-x}Cr_xO_4$. Показано, что в составах, содержащих хром, возможно образование сульфата цинка, для удаления которого требуется дополнительная термообработка материала. Это приводит к снижению площади поверхности синтезированных образцов и, как следствие, к каталитической активности. Наиболее высокую активность проявляют образцы феррита цинка. Синтезированные шпинели и разработанные технологические приемы их получения могут быть полезны для выбора перспективных материалов для применения в системах очистки сточных вод промышленных предприятий.

Список литературы

1. Venugopal A., Sarkari R., Anjaneyulu C., Krishna V., Kumar M.K., Narender N., Padmasri A.H. Influence of acid-base sites on ZnO-ZnCr₂O₄ catalyst during dehydrocyclization of aqueous glycerol and ethylenediamine for the synthesis of 2-methylpyrazine: Kinetic and mechanism studies. *Applied Catalysis A: General*. 2014. V. 469. P. 398–409.
2. Lee S., Kim D., Lee J., Choi Y., Suh Y.-W., Lee C., Kim T.J., Lee S.J., Lee J.K. An in situ methylation of toluene using syngas over bifunctional mixture of Cr₂O₃/ZnO and HZSM-5. *Applied Catalysis A: General*. 2013. V. 466. P. 90–97.
3. Bayahia H., Kozhevnikova E.F., Kozhevnikov I.V. Ketone formation of carboxylic acids over Zn-Cr oxide in the gas phase. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2015. Vol. 165. P. 253–259.
4. Jin R., Liu H., Guan Ya., Zhou Ju., Chen G. ZnFe₂O₄/C nano discs as high performance anode material for lithium-ion batteries. *Materials Letters*. 2015. V. 158. P. 218–221.
5. Zhou X., Liu Ji., Wang C., Sun P., Hu X., Li X., Shima-noe K., Yamazoe N., Lu G. Highly sensitive acetone gas sensor based on porous ZnFe₂O₄ nanospheres. *Sensors and Actuators B*. 2015. V. 206. P. 577–583.

6. Jia Z., Qin Q., Liu Ji., Shi H., Zhang X., Hu R., Li S., Zhu R. The synthesis of hierarchical $ZnFe_2O_4$ architecture and their application for Cr(VI) adsorption removal from aqueous solution. *Superlattices and Microstructures*. 2015. V. 82. P. 174–187.
7. Xia S., Zhang L., Zhou X., Shao M., Pan G., Ni Z. Fabrication of highly dispersed Ti/ZnO– Cr_2O_3 composite as highly efficient photocatalyst for naphthalene degradation. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2015. V. 176–177. P. 266–277.
8. Song G., Xin F., Yin X. Photocatalytic reduction of carbon dioxide over $ZnFe_2O_4/TiO_2$ nanobelts heterostructure in cyclohexanol. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2015. V. 442. P. 60–66.
9. Шабельская Н.П., Зеленская Е.А., Чернышев В.М., Сулима С.И., Постников А.А., Власенко А.И., Таранушич В.А., Сулима Е.В. Синтез наноразмерных ферритов-хромитов цинка и их каталитические свойства // *Вопросы материаловедения*. 2016. № 1 (85). С. 29–35.
10. Gaikwad R.S., Chae S.-y., Mane R.S., Gangri C., Han S.-H., Joo O.-S. Large area ($9 \times 9 \text{ cm}^2$) electrostatically sprayed nanocrystalline zincite thin films for hydrogen production application. *International J. Hydrogen Energy*. 2010. V. 35. P. 6549–6553.
11. Priyadharsini P., Pradeep A., Chandrasekaran G. Novel combustion route of synthesis and characterization of nanocrystalline mixed ferrites of Ni–Zn. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2009. V. 321. P. 1898–1903.
12. Шабельская Н.П. Процессы фазообразования в системе NiO – CuO – Fe_2O_3 – Cr_2O_3 при разложении солей // *Неорганические материалы*. 2014. Т. 55. № 11. С. 1205–1209.
13. Roy S., Ghose J. Superparamagnetic nanocrystalline $CuFe_2O_4$. *Journal of applied physics*. 2000. V. 87. № 9. P. 6226–6229.
14. Шабельская Н.П., Власенко А.И., Сулима С.И., Сулима Е.В. Изучение процессов формирования структуры ферритов-хромитов переходных элементов // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 8. С. 99–103.

УДК 621.315.1

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПО РАЗОМКНУТЫМ ВОЗДУШНЫМ ЛИНИЯМ С ПРОДОЛЬНОЙ САМОКОМПЕНСАЦИЕЙ**¹Шишков Е.М., ²Проничев А.В., ²Солдусова Е.О.**¹*Филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
Новокуйбышевск, e-mail: e.m.shishkov@ieee.org;*²*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
Самара, e-mail: esoldusova@inbox.ru*

Для целей организации продольной компенсации на сверхдальних воздушных линиях электропередачи в предыдущих работах авторов предложен способ использования собственной распределённой ёмкости – построение разомкнутой линии электропередачи с расщепленной фазой, составляющие которой электрически изолированы друг от друга таким образом, что часть составляющих подключена только к шинам источника питания, а часть – только к шинам потребителя. В настоящей работе произведена оценка предела передаваемой мощности разомкнутых воздушных линий при различных значениях нагрузки. Для анализа эффективности применения разомкнутых линий электропередачи использовались методы математического моделирования в среде MATLAB/Simulink с использованием библиотеки элементов SimScape SimPowerSystems. Исходными данными для анализа являлись геометрические конфигурации опор воздушных линий и параметры сталеалюминиевых проводов. Составлена математическая модель для анализа режимов нагрузки и холостого хода разомкнутой линии. Проведен расчёт некоторых аварийных режимов работы разомкнутой линии. С использованием данной модели проведена оценка некоторых видов замыканий. Результаты первичного анализа аварийных режимов РВЛ позволяют утверждать о возможности использования традиционных принципов организации защит линий. В режимах с шунтированием внутрифазной ёмкости не происходит нарушения устойчивости работы линии, однако для обнаружения внутрифазных повреждений необходимо предусматривать нетокковые виды релейных защит: дистанционные, высокочастотные.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, продольная компенсация, самокомпенсированная линия**POWER TRANSMISSION BY OPEN OVERHEAD LINES WITH SERIES SELF-COMPENSATION****¹Shishkov E.M., ²Pronichev A.V., ²Soldusova E.O.**¹*Branch of Samara State Technical University, Novokuybyshevsk, e-mail: e.m.shishkov@ieee.org;*²*Samara State Technical University, Samara, e-mail: esoldusova@inbox.ru*

For the purpose of organizing series compensation for long-distance overhead power transmission lines, the authors proposed in previous works the method of using their own distributed capacitance – the construction of an open power line with a split phase, the components of which are electrically isolated from each other in such a way that one part of the components is connected only to the power supply buses, and other part only to the consumer's buses. In this paper, the limit of the transmission capacity of open overhead lines at different load values is estimated. To analyze the efficiency of using open overhead transmission lines, mathematical modeling methods were used in the MATLAB / Simulink with using the SimScape SimPowerSystems element library. The initial data for the analysis were geometric configurations of overhead line supports and parameters of steel-aluminum wires. A mathematical model is developed for the analysis of load and off-load conditions of the open line. Calculation of some emergency operation modes of the open overhead line. Using this model, the following types of closures were evaluated. The results of the primary analysis of the emergency regimes of the open overhead line make it possible to assert the possibility of using the traditional principles of organization of line protections. In modes with shunting of the in-phase capacitance, there is no disruption in line stability, however, in order to detect intra-phase damage, it is necessary to provide non-current types of relay protection: remote, high-frequency.

Keywords: overhead transmission line, series compensation, self-compensated line

Устройства продольной компенсации традиционно используются на дальних линиях электропередачи для снижения их величины продольного индуктивного сопротивления [1]. В работах И.И. Соловьёва и А.А. Вульфа [2] выдвинута идея использования для этих целей настройки линии электропередачи на нулевое сопротивление путём достижения резонанса напряжений или резонанса токов. В работе профессором Н.Ф. Ракушевым [3] эта идея воплощена при помощи оригинальной двухпроводной схемы однофазной разомкнутой линии, в которой электрическая мощность переда-

ётся через ёмкостное сопротивление между двумя электрически изолированными друг от друга проводами, каждый из которых электрически соединён только с одним из узлов, между которыми происходит передача энергии.

Трёхфазная реализация схемы разомкнутой линии предложена авторами в работе [4]. Эта схема предполагает использование в качестве фазных проводников составляющих расщеплённой фазы, в результате чего разомкнутая линия может быть переоборудована из традиционной трёхфазной высоковольтной линии электропередачи.

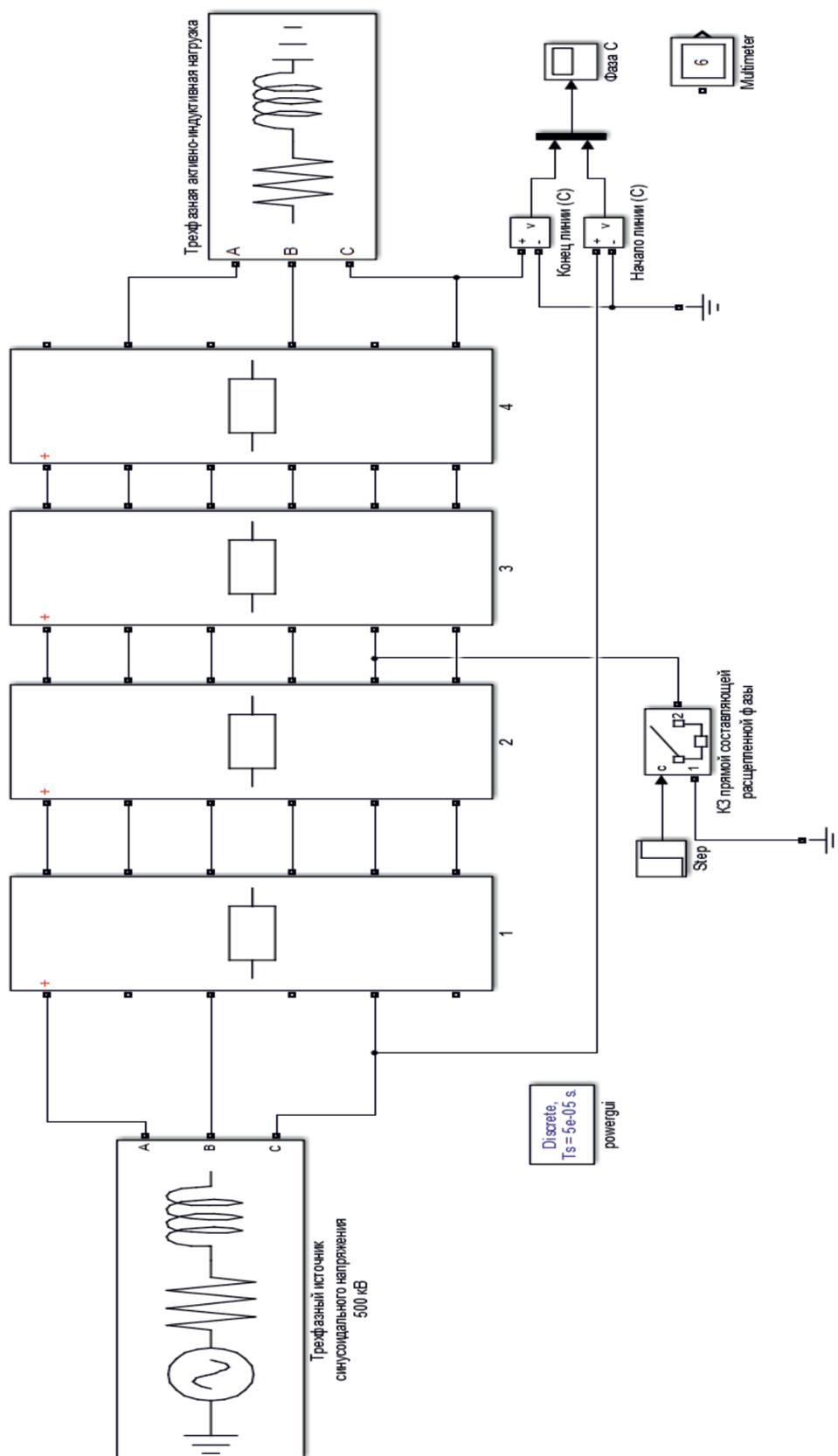


Рис. 1. Математическая модель в среде MATLAB/Simulink для расчета некоторых аварийных режимов работы трехфазной разомкнутой ВЛ

Таблица 1

Сведения об анализируемых линиях

Класс напряжения, кВ	Конфигурация пролёта		
	Тип промежуточных опор	Высота подвеса фазы, м	Марка провода в фазе
500	Промежуточные опоры на оттяжках ПБ1	27,2	АС-700/86
750	Промежуточные опоры на оттяжках ПП750-1	35	АС-500/64

С использованием разработанной [5] математической модели, а также описанных в работе [6] методик расчёта установившегося режима разомкнутой линии авторами выполнен анализ эффективности использования внутрифазной ёмкости разомкнутой линии для регулирования напряжения в прилегающей к её концевым узлам электрической сети. При этом непосредственным управляющим воздействием является шунтирование или дешунтирование внутрифазной ёмкости разомкнутой линии путём коммутации выключателей на её концах.

Оценка выполнена на примере воздушной линии 500 кВ Ростовская АЭС – Шахты. Для определения конфигурации расщеплённой фазы использованы результаты работы [7].

Цель исследования: расчет и анализ режимов нагрузки предложенной в [4] конструкции трехфазной разомкнутой ВЛ, а также анализ эффективности применения предложенной в [4] конструкции трехфазной разомкнутой ВЛ как средства регулирования напряжения.

Материалы и методы исследования

Для анализа эффективности применения разомкнутых линий электропередачи используются методы математического моделирования в среде MATLAB/Simulink с использованием библиотеки элементов SimScape SimPowerSystems. Выполнен анализ режимов работы линий двух классов напряжения (500 и 750 кВ) и трех вариантов конструкций расщепленной фазы. Сведения об анализируемых линиях представлены в табл. 1.

С учётом полученных ранее результатов анализа установившихся режимов РВЛ [7–9] в настоящей работе проведен расчёт некоторых аварийных режимов работы разомкнутой линии. Для этого модель общего участка линии представлена в виде четырёх последовательно соединённых блоков многопроводной схемы замещения, каждый из которых моделирует участок равной длины (рис. 1).

С использованием данной модели проведена оценка следующих видов замыканий:

- внутрифазное КЗ (замыкание между прямой и обратной составляющей);
- внутрифазное КЗ с участием земли;
- замыкание прямой или обратной составляющей на землю.

Для анализа эффективности применения разомкнутых линий электропередачи в решении задачи

регулирования напряжения используются методы математического моделирования в среде RastrWin3. Выполнен анализ режимов работы сети 500 кВ на примере объединенной энергосистемы Юга (рис. 2).

Регулирование напряжения в сети производилось путём шунтирования продольной ёмкости разомкнутой линии, описанной в [3] с целью снижения напряжения в узлах линии и дешунтирования – для увеличения напряжения. В работе представлены результаты анализа напряжения в узлах сети при использовании описанного способа регулирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Режим внутрифазного КЗ – аварийный режим, характерный только для линии с продольной компенсацией. Опасность данного режима заключается в шунтировании внутрифазной ёмкости, которое может привести к нарушению устойчивости работы линий.

Однако результаты моделирования кратковременно возникающего внутрифазного КЗ позволяют говорить лишь о незначительных изменениях напряжения в повреждённой фазе.

При этом ток в месте установки защиты изменяется незначительно, что вынуждает использовать дистанционные либо высокочастотные защиты для обнаружения данного вида замыканий (рис. 3).

Как и следовало ожидать, в режиме внутрифазного замыкания с участием земли наблюдается значительная несимметрия напряжений. Характер изменения тока в месте установки защит позволяет использовать для защиты от замыканий на землю те же виды защит, что и для традиционных линий (рис. 4).

На рис. 5 представлены результаты расчета режима сети с шунтированной продольной ёмкостью ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Шахты. Узел «Ростовская АЭС» является базисным, напряжение на нем постоянное и составляет 525 кВ.

Далее было произведено включение продольной ёмкости и рассчитан соответствующий этому режим. Результаты расчета режима представлены на рис. 6.

По результатам расчета режима были определены значения напряжения во всех узлах сети до и после включения шунти-

руемой продольной ёмкости на ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Шахты, величины угла между фазами напряжения δ (табл. 2).

Расчеты показывают, что наибольшее увеличение напряжения наблюдается

в узлах, непосредственно связанных с разомкнутой линией, и составляет порядка 27 кВ. Однако небольшое увеличение напряжения наблюдается практически во всех узлах сети.

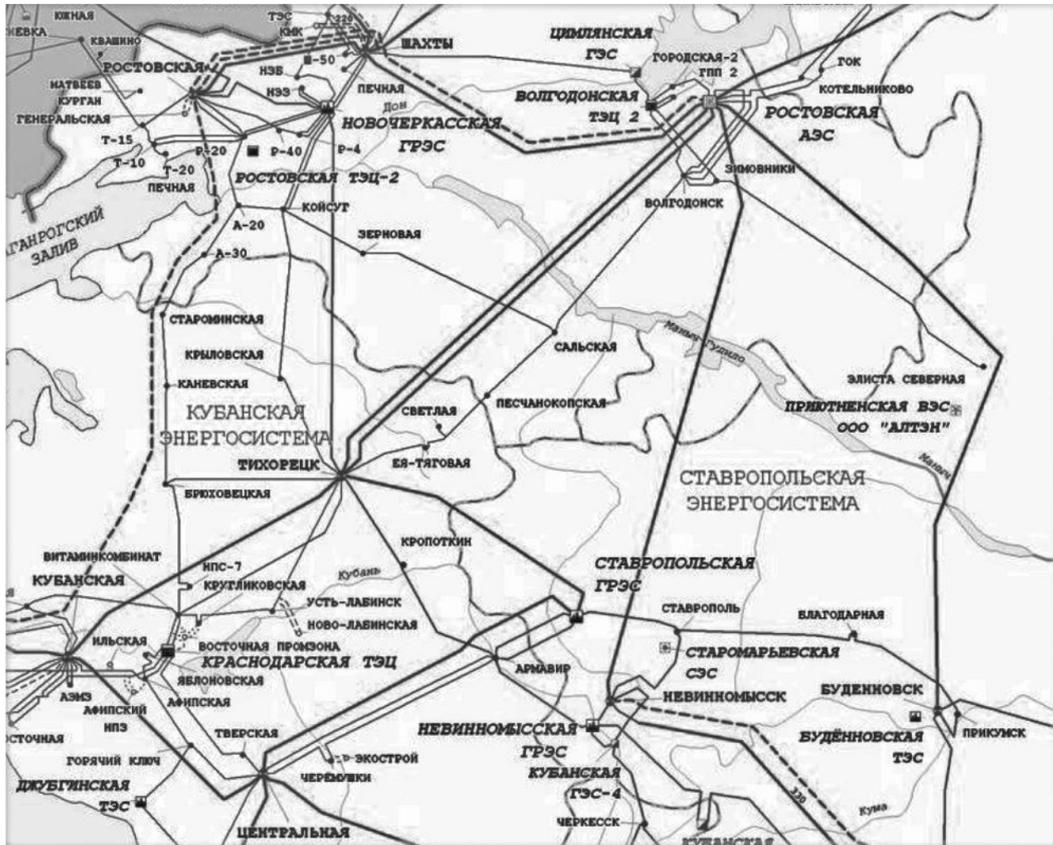


Рис. 2. ОЭС Юга

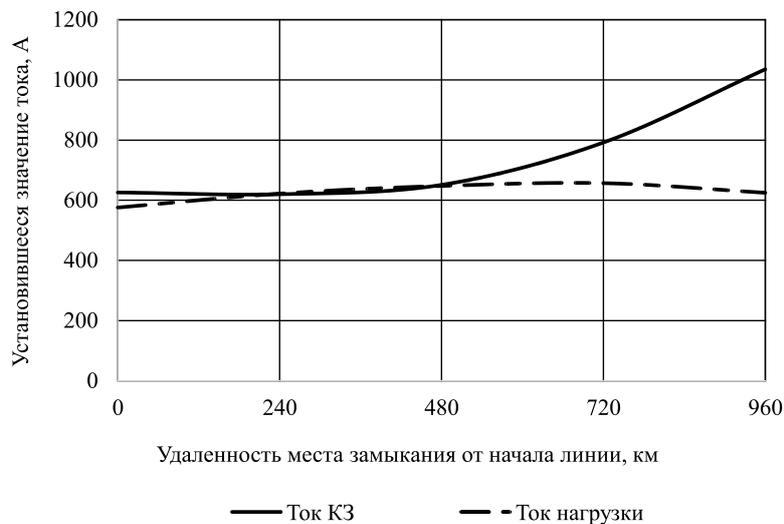


Рис. 3. Внутрифазное КЗ – замыкание между прямой и встречной составляющей расцепленной фазы

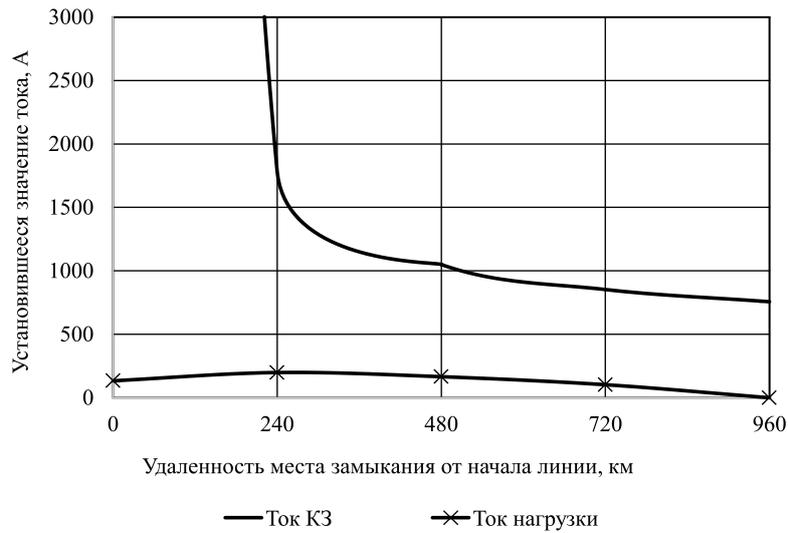


Рис. 4. Однофазное короткое замыкание

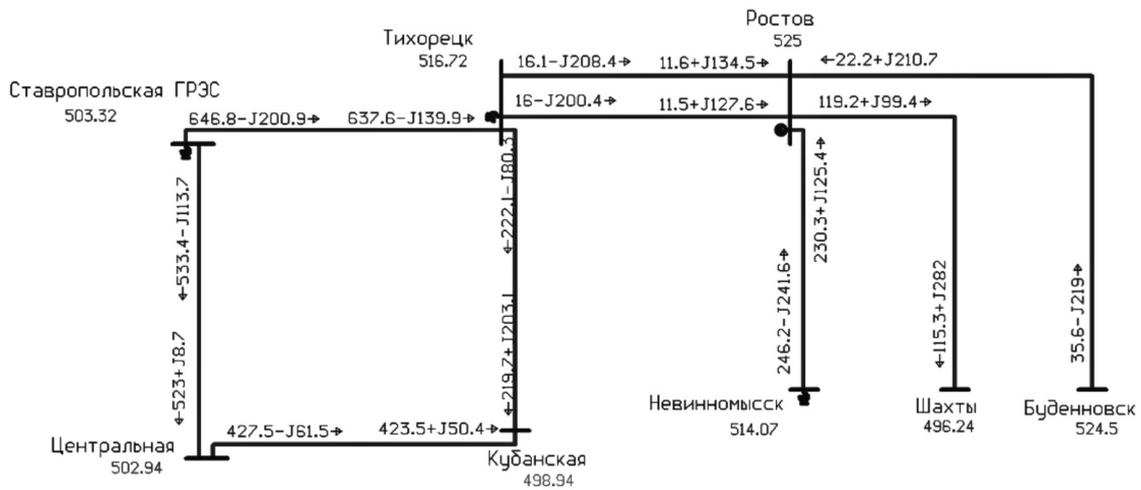


Рис. 5. Результаты расчета режима до включения продольной емкости

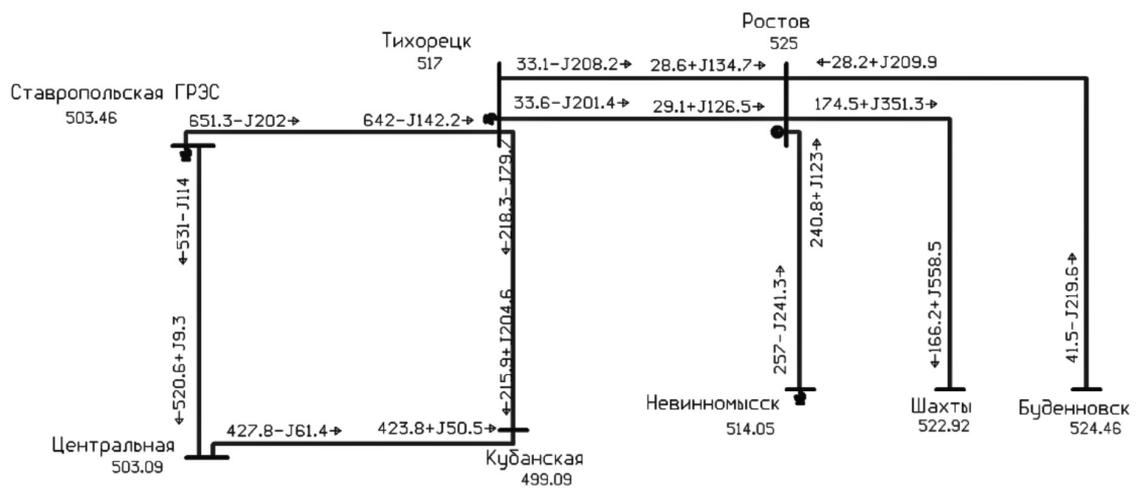


Рис. 6. Результаты расчета режима после включения продольной емкости

Таблица 2

Результаты расчета напряжений в узлах сети 500 кВ

Узел	Напряжение, кВ		$\delta, ^\circ$	
	До компенсации	После компенсации	До компенсации	После компенсации
Ростовская АЭС	525		–	
Шахты	496,24	522,92	–1,55	0,61
Тихорецк	516,72	517	0,42	0,83
Центральная	502,94	503,09	0,4	0,9
Кубанская	498,94	499,09	–4,35	–3,84
Ставропольская ГРЭС	503,32	503,46	8,51	8,98
Невинномысск	514,07	514,05	7,22	7,54
Буденновск	524,5	524,46	0,9	1,08

Выводы

В работе построена математическая модель трехфазной разомкнутой ВЛ для расчёта некоторых аварийных режимов работы разомкнутой линии. С использованием данной модели проведена оценка следующих видов замыканий:

- внутрифазное КЗ (замыкание между прямой и обратной составляющей);
- внутрифазное КЗ с участием земли;
- замыкание прямой или обратной составляющей на землю.

Результаты первичного анализа аварийных режимов РВЛ позволяют утверждать о возможности использования традиционных принципов организации защит линий. В режимах с шунтированием внутрифазной ёмкости не происходит нарушения устойчивости работы линии, однако для обнаружения внутрифазных повреждений необходимо предусматривать нетоковые виды релейных защит: дистанционные, высокочастотные.

Также в работе проведен расчет режимов сети 500 кВ объединенной энергосистемы Юга. Рассмотрен эффект применения разомкнутых линий с шунтированной продольной ёмкостью на примере ВЛ 500 кВ Ростовская АЭС – Шахты. Определены значения напряжений в узлах сети до и после включения продольной емкости и построены соответствующие векторные диаграммы. Полученные в данной работе результаты позволяют говорить о разомкнутых линиях электропередачи с шунтируемой продольной ёмкостью как об эффективном способе регулирования напряжения.

Список литературы

1. Готман В.И., Глазачев А.В., Бацева Н.В. Продольная компенсация дальних электропередач с промежуточными системами // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 4. С. 68–75.
2. Вульф А.А. Проблема передачи электрической энергии на сверхдальние расстояния по компенсированным линиям. М.: Госэнергоиздат, 1945. 83 с.
3. Ракушев Н.Ф. Сверхдальняя передача энергии переменным током по разомкнутым линиям. М.: Госэнергоиздат, 1957. 160 с.
4. Гольдштейн В.Г., Шишков Е.М. Разомкнутая трёхфазная воздушная линия электропередачи переменного тока // Пат. 130458 РФ, МПК8 H 02 J 3/20 / ФГБОУ «Самарский государственный технический университет». № 2013103649/07; заявл. 28.01.2013; опубл. 20.07.2013, Бюл. № 20.
5. Шишков Е.М., Гольдштейн В.Г., Кривихин И.Н. Математическая модель самокомпенсированной воздушной линии электропередачи // Сборник докладов VI Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи». Иваново, 2015. С. 620–623.
6. Shishkov E., Goldstein V., Krivihin I. Open Overhead Transmission Lines. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 792. P. 293–299.
7. Фролов А.Л., Гольдштейн В.Г., Мадениятов А.Б. Анализ пропускной способности разомкнутых самокомпенсирующихся ЛЭП, использующих стандартные конструкции проводов и опор // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VIII Международной научно-технической конференции (2–6 октября 2017, Самара). В 3 т. Т. 1. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. С. 144–145.
8. Ведерников А.С., Гольдштейн В.Г., Фролов А.Л. Развитие теории анализа установившихся режимов многопроводных несимметричных воздушных ЛЭП // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VIII Международной научно-технической конференции (2–6 октября 2017, Самара). В 3 т. Т. 1. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. С. 144–145.
9. Фролов А.Л., Гольдштейн В.Г. Физические процессы в самокомпенсирующихся линиях электропередачи, использующих стандартные конструкции проводов и опор // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VII Международной молодежной научно-технической конференции. Казань, 2016. Т. 1. С. 231–233.

УДК 005.6:658.5:519.226.3

КАРТЫ ШУХАРТА С ВАРЬИРУЕМЫМИ ГРАНИЦАМИ**¹Юдин С.В., ²Протасьев В.Б., ³Подкопаев Р.Ю., ⁴Юдин 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*

Контрольные карты Шухарта являются одним из так называемых «Семи инструментов качества», предназначенных для анализа и управления технологических процессов статистических методов. Основные положения математической статистики содержат требования к стабильности процесса во времени, что предполагает неизменными характеристики, анализируемые в ходе изучения оборудования, изготавливаемых изделий и т.д. Частая смена номенклатуры изделий приводит к нарушению этого основополагающего допущения, что затрудняет использование любых статистических методов, в том числе карт Шухарта. Карты Шухарта – важнейший метод управления качеством, без которого в машиностроении невозможно добиться высокого качества изделий, но до настоящего времени не существовало методики их применения в случае частой смены номенклатуры изделий. Смена заготовки на станке предполагает одновременно смену применяемой для анализа карты Шухарта, что прерывает цикл наблюдений. Это приводит к тому, что падает эффективность использования карт Шухарта, возрастает вероятность пропустить тенденции изменения характеристик процесса. В статье предложен новый подход, основанный на регулировании не по абсолютным, а по относительным границам. Это позволяет сохранить наследственность результатов. Предложена методика расчета карт Шухарта с варьируемыми границами, основанная на применении табличного процессора MS Excel. Представленное описание позволяет использовать методику лицам, имеющим начальные знания MS Office.

Ключевые слова: карта Шухарта, контроль, качество, статистические методы, менеджмент качества, управление процессами

SHEWHART CARDS WITH VARIABLE BOUNDARIES**¹Ydin S.V., ²Protasev V.B., ³Podkopaev R.Yu., ⁴Yudin 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*

Shewhart control charts are one of the so-called «Seven quality tools» designed for analyzing and controlling technological processes of statistical methods. The main provisions of mathematical statistics contain requirements for the stability of the process in time, which implies unchanged characteristics that are analyzed during the study of equipment, manufactured products, etc. Frequent changes in the range of products leads to a violation of this basic-assuming assumption, which makes it difficult to use any statistical methods, including Shewhart maps. Shewhart cards are the most important method of quality management, without which it is impossible to achieve high quality of products in mechanical engineering, but so far there has not been a procedure for their application in the case of frequent changes in the product range. A change of the workpiece on the machine involves simultaneously changing the Shewhart map used for the analysis, which interrupts the cycle of observations. This leads to the fact that the efficiency of using Shewhart maps decreases, the probability of missing trends in the characteristics of the process increases. The article proposes a new approach based on regulation not relative to absolute, but relative, boundaries. This allows you to save the heredity of the results. A method for calculating the Shewhart maps with varying boundaries, based on the use of the MS Excel spreadsheet processor, is proposed. The presented description allows the use of the methodology to persons with basic knowledge of MS Office.

Keywords: Shewhart card, control, quality, statistical methods, quality management, process management

Как отмечено в работах [1–3], статистические методы контроля и управления качеством являются краеугольным камнем в системе менеджмента качества (СМК). Однако следует заметить, что основные положения математической статистики содержат требования к стабильности процесса во времени, что предполагает неизменными характеристики, анализируемые в ходе изучения оборудования, изготавливаемых изделий и т.д. Карты Шухарта – важнейший

метод управления качеством, без которого в машиностроении невозможно добиться высокого качества изделий, но до настоящего времени не существовало методики их применения в случае частой смены номенклатуры изделий.

Смена заготовки на станке предполагает одновременно смену применяемой для анализа карты Шухарта, рассчитанной для новых числовых значений контролируемого параметра изделия, что прерывает цикл на-

блюдений. Это приводит к тому, что падает эффективность использования карт Шухарта, возрастает вероятность пропустить тенденции изменения характеристик процесса.

Во многих случаях при смене номенклатуры изделий производится смена инструмента и переналадка оборудования на новые размеры. В предположении о неизменности характеристик инструмента и режимов обработки можно заметить, что такая важная характеристика измеряемой случайной величины, как дисперсия, остается неизменной, поскольку она зависит от общих параметров оборудования, степень изменчивости которых со временем достаточно мала.

В работе [4] вышеуказанное допущение было проверено анализом критерия «сигнал – шум» Тагути. 70% полученных выборок подтвердили гипотезу.

Именно слабая изменчивость дисперсии и явилась отправной точкой предлагаемого исследования.

Цель исследования: модификация контрольных карт Шухарта [5–7]. Авторы предлагают рассмотреть возможность использования методики Шухарта при малых объемах производства, что часто имеет место при изготовлении сложных технических объектов.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования авторы предлагают методику построения контрольных карт Шухарта.

Карты Шухарта предназначены для анализа поведения технологического процесса (ТП) в целом и отдельных операций. При построении карт Шухарта проводится предварительный анализ технологической операции, определяются ее основные статистические характеристики, на основе этих характеристик и требований к качеству процесса (например, доли дефектных изделий) рассчитываются контрольные линии.

Наиболее часто используется так называемая $(\bar{X} - R)$ -карта. Она представляет собой двойной график, на первой части которого представлены средние значения текущих выборок, а на второй – размахи.

Каждая часть содержит контрольные линии (рис. 1).

На карте средних (\bar{X} -карте) используется три линии:

- 1) центральная линия (Center Line, CL);
- 2) верхняя контрольная линия (Upper Control Limit, UCL);
- 3) нижняя контрольная линия (Lower Control Limit, LCL).

Центральная линия (CL), как правило, соответствует номинальному размеру обрабатываемой детали, в то время как UCL и LCL определяются по границам поля допуска. Наиболее часто полагают, что общая ширина $\Delta = UCL - LCL$ устанавливается в шесть средних квадратических отклонений, т.е. $\Delta = 6\sigma$.

Помимо предельных границ можно использовать предупредительные границы, которые строятся аналогично контрольным, но их отклонение от номинала меньше.

На карте размаха (R -карте) отмечаются размахи значений текущей выборки. Так как $R \geq 0$, то устанавливается только верхняя, предельная, граница допустимого размаха.

Использование контрольных карт, как и любых других статистических методов, может привести к ошибке, вероятность которой уменьшается при использовании большой суммарной выборки и растет при уменьшении суммарного объема выборки.

С целью повышения надежности использования карт Шухарта авторами было предложено использовать при их расчете не абсолютные, а относительные границы контроля, выраженные в долях среднего квадратического отклонения.

Карты Шухарта с варьируемыми границами

Анализ производства на машиностроительных предприятиях показал, что на многих участках происходит частая смена типов заготовок, что приводит к необходимости перенастройки оборудования. Учитывая относительно малые объемы партий, можно отметить, что в этой связи придется часто менять расчетные параметры контрольных карт, что не позволит воспользоваться их информацией, так как нет возможности сравнивать результаты предыдущих и последующих измерений. Снять ряд вопросов можно, применяя байесовский подход, учитывающий предысторию процесса [4].

Предлагаемое использование метода варьируемых границ заключается в следующем:

В качестве центральной линии CL предлагается использовать условный «ноль»; верхняя контрольная граница UCL и нижняя контрольная граница LCL отсчитываются как отклонение от номинала CL в долях среднего квадратического отклонения процесса.

Координаты расчетной точки на графике также следует откладывать в долях среднего квадратического отклонения процесса. В этом случае график на рис. 1 приобретет вид, представленный на рис. 2.

В табл. 1 представлены результаты измерений в 20 опытах двух типов деталей с разными размерами.

По рис. 2 можно отметить, что для обоих типов заготовок процесс является стабильным, но для первой из них (первые 10 опытов) наблюдается систематическое увеличение размеров (приблизительно на два СКО, т.е. на 0,01 мм), в то время как для второй (последующие 20 опытов) группировка размеров наблюдается около номинала с незначительными отклонениями средних значений. График размаха в обоих случаях имеет одинаковую структуру.

В табл. 2 представлены исходные данные и результаты расчетов для построения карты Шухарта с варьируемыми границами. Структура данных представлена в табл. 1.

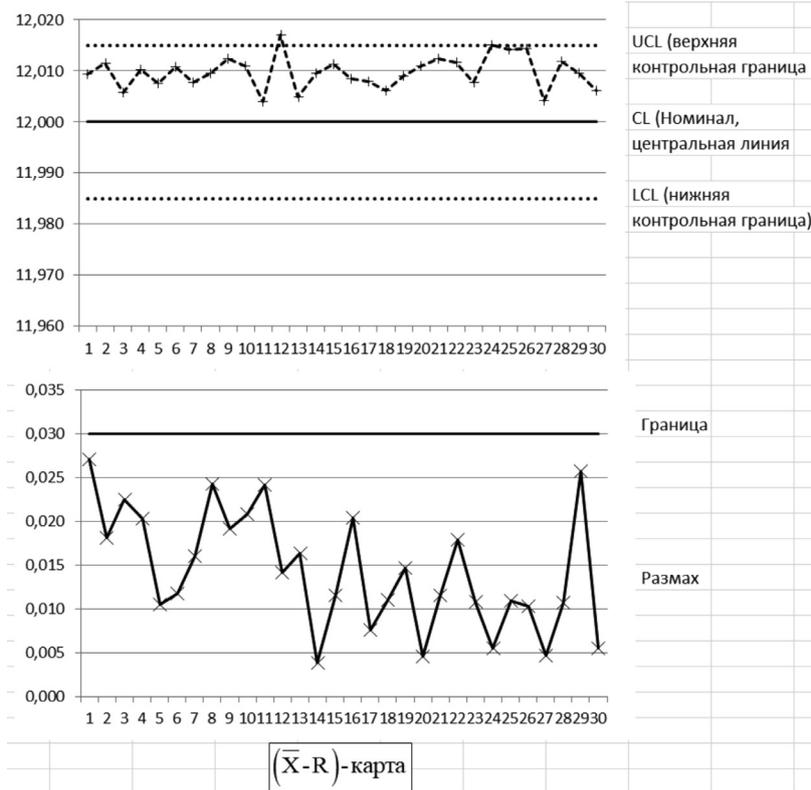


Рис. 1. Пример $(\bar{X}-R)$ контрольной карты

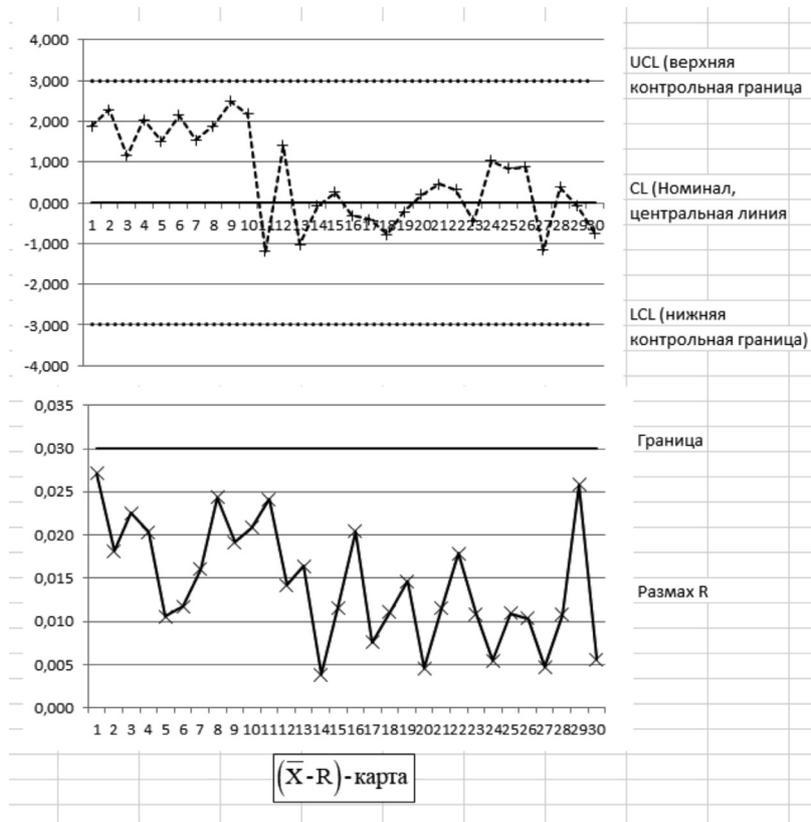


Рис. 2. $(\bar{X}-R)$ -карта Шухарта с варьируемыми границами

Таблица 1

Структура данных листа MS Excel (рис. 3)

№ п/п	Столбец или ячейка	Содержимое столбца
1	A	Номер опыта
2	B, C, D, E	Четыре последовательных измерения опыта
3	F	Значения средних значений для каждого опыта
4	G	Отклонения среднего от номинала в долях СКО
5	H	Значения размахов каждого опыта
6	I2	Значение СКО
7	J	Значения номинала
8	K	Нормированный номинал
9	L	Верхняя граница контроля в долях СКО
10	M	Нижняя граница контроля в долях СКО

Таблица 2

Исходные данные и результаты расчетов для построения карты Шухарта с варьируемыми границами

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Номер измерения в опыте				Среднее Хср	Отклонение от номинала в долях СКО	Размах R	СКО 0,005	Номинал	Нормированный номинал	UCL в долях СКО	LCL в долях СКО	
2	№ опыта	1	2	3									4
3	1	12,013	11,994	12,021	12,010	12,009	1,874	0,027	12	0	-3	3	
4	2	12,001	12,020	12,012	12,013	12,011	2,280	0,018	12	0	-3	3	
5	3	12,007	12,018	11,995	12,003	12,006	1,146	0,023	12	0	-3	3	
6	4	12,021	12,018	12,001	12,001	12,010	2,033	0,020	12	0	-3	3	
7	5	12,010	12,004	12,014	12,003	12,008	1,515	0,011	12	0	-3	3	
8	6	12,017	12,006	12,015	12,005	12,011	2,149	0,012	12	0	-3	3	
9	7	12,012	12,014	11,998	12,006	12,008	1,534	0,016	12	0	-3	3	
10	8	12,010	12,000	12,024	12,004	12,009	1,885	0,024	12	0	-3	3	
11	9	12,007	12,007	12,026	12,009	12,012	2,484	0,019	12	0	-3	3	
12	10	12,007	12,014	12,001	12,021	12,011	2,168	0,021	12	0	-3	3	
13	11	50,008	49,984	49,991	49,994	49,994	-1,199	0,024	50	0	-3	3	
14	12	50,013	50,003	50,013	49,999	50,007	1,403	0,014	50	0	-3	3	
15	13	50,005	49,990	49,989	49,995	49,995	-1,037	0,016	50	0	-3	3	
16	14	50,000	49,999	49,998	50,001	50,000	-0,083	0,004	50	0	-3	3	
17	15	50,002	50,000	50,007	49,995	50,001	0,253	0,012	50	0	-3	3	
18	16	49,999	49,985	50,006	50,003	49,998	-0,323	0,020	50	0	-3	3	
19	17	49,995	49,997	49,997	50,003	49,998	-0,418	0,008	50	0	-3	3	
20	18	49,996	49,995	49,991	50,002	49,996	-0,782	0,011	50	0	-3	3	
21	19	49,997	49,992	50,006	50,000	49,999	-0,220	0,015	50	0	-3	3	
22	20	49,998	50,002	50,001	50,003	50,001	0,200	0,005	50	0	-3	3	

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования показали теоретическую возможность применения карт Шухарта при малых объемах производства и частой смене заготовок и деталей на технологическом оборудовании. Показано, что эффективным методом может быть

использование карты Шухарта с варьируемыми границами.

Заключение

Анализ системы управления качеством показал необходимость модификации контрольных карт Шухарта. Предложена и реализована методика построения

($\bar{X} - R$)-карт Шухарта с варьируемыми границами.

Для повышения точности и надежности результатов использования карт Шухарта с варьируемыми границами необходимы дальнейшие исследования различных технологических процессов, в том числе с использованием аппарата анализа малых выборок и байесовского подхода.

Методика предлагается для использования на машиностроительных предприятиях. Для ее применения не требуются специальные знания в программировании, достаточно иметь общее представление о работе в MS Excel.

Список литературы

1. Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2018. 231 с.
2. Кане М.М., Суслов А.Г., Горленко О.А., Иванов Б.В., Корешков В.Н., Медведев А.И., Мирошников В.В. Управление качеством продукции машиностроения: учебное пособие. М.: Машиностроение, 2010. 416 с.
3. Барвинок В.А., Годлевский В.Е., Стрельников Е.А. Менеджмент качества в машиностроении. Ч. 1. Введение в теорию менеджмента качества: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 80 с.
4. Анализ эффективности действующей системы управления качеством продукции и надежностью технологических систем. Разработка методологии инспекционного контроля. Построение эффективной структуры системы управления качеством продукции и надежности технологических систем / Отчет о НИР (промежуточный). № ГР АААА-А17-117110970026-5 / ТФ РЭУ им. Г.В. Плеханова; рук. С.В. Юдин; ответств. исполн. А.С. Юдин; исполн. М.В. Волков, А.С. Кривов, Р.Ю. Подкопаев, В.Б. Протасьев, В.Г. Степанов. Тула, 2018. 603 с. № гос. регистрации АААА-Б18-218052890030-8.
5. Лapidус В.А. Система Шухарта. Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2004. 65 с.
6. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. М.: Стандартиформ, 2016. 47 с.
7. Адлер Ю.П., Максимова О.В., Шпер В.Л. Контрольные карты Шухарта в России и за рубежом. Часть 1 // Стандарты и качество. М., 2011. № 7. С. 82–87.

УДК 37.022(574)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ДИСSEMINАЦИИ ОБНОВЛЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ

Аушева И.У.

*Центр педагогического мастерства АОО «Назарбаев Интеллектуальные школы»,
Астана, e-mail: ausheva-irina@mail.ru*

Статья посвящена вопросам диссеминации успешного педагогического опыта в условиях обновленного содержания среднего образования в Казахстане. Процесс диссеминации рассматривается в контексте профессионального развития педагогических работников. Автором статьи проведен научно-теоретический анализ феномена «диссеминация», обоснованы терминологический выбор и предпочтительность в сравнении с другими терминами (внедрение, трансляция, продвижение и др.) при осуществлении системного распространения успешного педагогического опыта. Обобщение и систематизация современных исследований, посвященных процессу диссеминации, позволили автору статьи определить условия и критерии успешности данного процесса применительно к работе ведущих школ, созданных в качестве координационного механизма и площадки поддержки обновленного содержания образования в казахстанских школах. Ими определены: профессиональный потенциал ведущих школ; алгоритм диссеминации опыта ведущих школ в аспектах управления и практики преподавания; формы и виды диссеминации опыта ведущих школ. В статье представлены результаты мониторингового исследования деятельности всех ведущих школ регионов Казахстана. Исследование проведено в форме анкетирования, в котором приняли участие свыше шести тысяч респондентов. Выборка исследования, обеспечивающая стопроцентный охват руководителей ведущих школ и свыше пяти тысяч учителей, а также широкий спектр вопросов анкеты, направленный на анализ практики преподавания и управления, позволили сформировать базу качественных и количественных данных, достаточную для формулировки обоснованных выводов и разработки рекомендаций.

Ключевые слова: ведущие школы, диссеминация, успешный педагогический опыт, обновление содержания среднего образования, мониторинговое исследование, методическая поддержка, общеобразовательные организации, преобразования в казахстанской школьной практике

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECT OF DISSEMINATION OF UPDATED CONTENT OF SECONDARY EDUCATION IN KAZAKHSTAN

Ausheva I.U.

Center of Excellence of AEO «Nazarbaev Intellectual schools», Astana, e-mail: ausheva-irina@mail.ru

The article is devoted to the dissemination of successful pedagogic experience under updated the content of secondary education in Kazakhstan. The process of dissemination is considered as a professional development of teachers. The author of the article conducted scientific and theoretical analysis of «dissemination», justified terminological choice and preference in comparison with the other terms (implementation, translation, promotion and others) in carrying out systematic dissemination of successful pedagogic experience. Generalization and systematization of modern surveys devoted to the process of dissemination allowed the author to define the conditions and criteria of the process success in relation to the work of leading schools created as a coordination mechanism and platform of supporting updated the content of education in Kazakhstani schools. They defined: professional potential of leading schools; algorithm of leading schools' dissemination in teaching management and practice; forms and types of leading schools experience dissemination. The article presents the results of monitoring survey of leading schools' activities in Kazakhstan. The survey was conducted in the form of questionnaire and covered more than 6 000 respondents. The sample of study, ensuring the total amount of leading schools principals and more than 5 000 teachers as well as wide range of questions, directed to the analysis of teaching practice and management allowed forming the base of qualitative and quantitative data, that was enough for forming reasonable conclusions and recommendations.

Keywords: leading schools, dissemination, successful pedagogic experience, updated the content of secondary education, monitoring survey, methodical support, comprehensive educational institutions, transformation of Kazakhstani school practice

Современные научные исследования доказывают неоспоримость утверждения о профессиональном развитии педагогов как определяющем условии качества и успешности происходящих в школьном классе процессов [1, 2]. Кочующая из текста в текст и ставшая своеобразным мерилом качества фраза: «Качество образования не может быть выше качества учителей» [3] заставила многие национальные образовательные системы пересмотреть свою кадровую политику. В немалой степени

этому способствовали данные международных исследований (PISA, PIRLS, исследования фонда МакКинзи) и в первую очередь TALIS – исследования ценностных ориентиров, профессиональных установок, потребностей и проблем учителей, их взглядов и мнений о своей подготовке и условиях работы.

В контексте результатов названных Международных измерительных исследований требования к профессиональному развитию школьного учителя уже не огра-

ничиваются формулировкой обязательных знаний и навыков, которые начинают занимать промежуточную роль и становятся лишь условием для достижения ожидаемых результатов. Приоритетными становятся компетенции иного порядка: готовность и способность к той или иной деятельности, к решению той или иной задачи; креативность, критическое мышление и коммуникативные навыки; способность к сотрудничеству и решению практических задач и многое другое.

Происходящие преобразования в мировых образовательных системах не могли не послужить предметом серьезных размышлений и поводом для принятия действенных мер для казахстанской политики в сфере среднего образования. По сути, обновленное содержание образования, в условиях которого сегодня функционируют казахстанские школы, представляет собой процесс, согласованный с тенденциями в мировой образовательной практике и направленный на изменение методологии преподавания и стратегии использования инновационных практик, успешно зарекомендовавших себя в различных образовательных системах.

Для обозначения процессов обобщения и передачи опыта, инноваций и практик в исследовательской литературе и педагогической практике используют понятия внедрение, продвижение, трансляция, распространение, и реже – диффузия, диссеминация. Сравнительный анализ сущностных характеристик позволяет определить границы использования каждого из них. Так, по мнению В.И. Загвязинского [4], продвижение передового опыта в практику является активным, целенаправленным процессом, предполагающим преодоление трудностей, систему мер, обеспечивающих быстрый результативный поиск необходимых объектов изучения, инициативу и заинтересованность тех, кто в этом опыте нуждается, в то время как выражение «внедрение опыта», по мнению М.Н. Крайниковой [5], предполагает некое давление и отсутствие выбора.

Процессы распространение и диффузия, в сущности, объединяет единая направленность на информирование общественности об опыте и инновациях: распространение позволяет вести речь о передаче идеи, замысла педагогического опыта, а диффузия в наибольшей степени сфокусирована на освоении и использовании новаций другими педагогами [6].

Сравнительно шире термин трансляция, который предполагает процесс предъявления содержания практики заинтересованному педагогическому сообществу с последующим воспроизведением в но-

вых условиях [6]. Заслуживает вдумчивого анализа понятие «диссеминация», предложенное исследователем В.И. Слободчиковым [7] и представляющее собой процесс, направленный на то, чтобы донести идеи, методы осуществления, продукт и результаты опыта инновационной деятельности до целевой аудитории; распространить успешную практику на более широкие массы, адаптируя, иногда и развивая различные элементы инновационной разработки или систему в целом.

Таким образом, речь идет о системном распространении передового педагогического опыта, который является в свою очередь потенциальным ресурсом дальнейшего развития всей системы образования. Теоретико-методологическими основами процесса диссеминации занимался ряд исследователей, чьи работы могут быть структурированы на три группы [8]. Первая: исследования, раскрывающие закономерности, механизмы и условия инновационных процессов в системе образования (А.И. Адамский, А.Г. Асмолов, В.С. Лазарев, А.В. Хуторский и др.); вторая группа исследований посвящена определению содержания и формы становления субъекта инновационной деятельности в системе непрерывного образования (Г.Д. Кошелева, Л.А. Мокрецова, В.И. Слободчиков и др.); третья группа исследований посвящена рассмотрению практических аспектов диссеминации передового педагогического опыта и использованию результатов данного процесса в массовой образовательной практике (Э.П. Бронникова, В.Л. Дубинина, И.А. Ижбулатова, Г.А. Игнатьева и др.).

Цель исследования: обобщение научных исследований и на их основе определение условий и критериев успешности процесса диссеминации обновленного содержания образования в Казахстане через механизм «ведущие школы».

Материалы и методы исследования

В качестве критериев успешности диссеминации обновленного содержания образования через механизм «ведущие школы» определены:

- доступная, наглядная и технологичная форма как для восприятия, так и для реализации в конкретных педагогических условиях;
- содействие заинтересованности педагогических работников в овладении инновационным опытом, в актуализации у них желания и профессиональной готовности к использованию его в своей практике;
- широкий спектр форм и видов работы с активным использованием информационно-технических средств.

Механизм измерения успешности диссеминации педагогического опыта представлял собой наличие и единство трех структурных составляющих:

– семиотического – представление опыта на педагогических конференциях, круглых столах, курсах профессионального мастерства и т.п.; издание методической литературы и публикации результатов в средствах массовой информации;

– имитационного – использование потенциала открытых занятий, мастер-классов, предполагающих обязательное участие группы субъектов, к примеру «учитель – обучающийся» и др.;

– интерактивного – совместное участие субъектов взаимодействия с фокусом на адаптацию практики к новым условиям.

Определяя процесс обновления содержания образования в казахстанских школах как процесс диссеминации лучшего мирового педагогического опыта, представляется важным назвать условия, критерии и механизмы измерения успешности данного процесса принять в качестве научно-теоретической основы. Структурным механизмом, содействующим реализации стратегии диссеминации передового педагогического опыта в казахстанских школах, является их региональное распределение на ведущие школы (в наибольшей степени обладающие инновационным потенциалом) и партнерские школы (изучающие и принимающие инновационный потенциал).

Эффективность функционирования данного механизма определена в качестве предмета мониторингового исследования, проведенного Центром педагогического мастерства в период апрель – май 2018 г. В качестве инструмента исследования использованы анкеты для руководителей и учителей ведущих школ, разработанные в соответствии с основными направлениями Международного исследования преподавания и обучения TALIS. Круг вопросов, включенных в анкеты, позволил получить информацию в контексте избранных критериев оценивания успешности данного процесса, а именно: профессиональный потенциал ведущих школ и алгоритм диссеминации его опыта в аспектах управления и практики преподавания; формы и виды диссеминации опыта ведущих школ; критерии оценивания и результаты успешности процесса диссеминации опыта ведущих школ.

Объектом исследования избраны все ведущие школы (763). Общее число респондентов составило 6198 человек, в том числе 763 директора и 5435 учителей.

Результаты исследования и их обсуждение

Профессиональный потенциал ведущих школ и алгоритм диссеминации их опыта в аспектах управления и практики преподавания.

По мнению 99,7% респондентов, сегодня ведущие школы располагают практически всеми необходимыми ресурсами для диссеминации своего опыта общеобразовательным организациям, и, прежде всего,

кадровыми: учителя-лидеры, обучившиеся по уровневым программам и программам обновления содержания среднего образования; школьные тренеры; школьные координаторы по критериальному оцениванию; коучинг-группы; группы «Исследование урока»;

методическими: методическая библиотека; сетевое профессиональное сообще-

ство; методическая поддержка тренеров Центра педагогического мастерства; внимание и поддержка областных управлений/районных, городских отделов образования.

В целом абсолютное большинство руководителей ведущих школ (93,4%) уверены в том, что их работе по диссеминации накопленного опыта ничто не препятствует и лишь иногда возникают случаи негативного воздействия таких факторов, как: отсутствие поддержки со стороны областного управления/городского отдела образования; недостаточность навыков стратегического планирования; отсутствие опыта работы в данном направлении.

В большинстве случаев (64,6%) работа ведущих школ с общеобразовательными организациями по диссеминации опыта носит организованный характер и основана на системе мероприятий, разработанных в соответствии с конкретными запросами и потребностями, выявленными по результатам предварительного мониторинга (59,7%), а также по индивидуальным запросам учителей (56,6%).

В пользу системности данной работы свидетельствует то обстоятельство, что в абсолютном большинстве ведущих школ (96,2%) часто либо постоянно соблюдается алгоритм действий, необходимый для получения объективных данных и достижения ожидаемых результатов, структурированный на этапы:

– первый: диагностика проблем (анкетирование учителей и учащихся по вопросам обучения – 96,9%);

– второй: планирование, формулировка цели и ожидаемых результатов профессионального развития учителей партнерских школ (88,8%);

– третий: разработка плана действий и выбор эффективных форм и методов работы (99,5%);

– четвертый: методическая поддержка по отдельным проблемам практики преподавания (91,8%);

– пятый: анализ, оценка, корректировка действий на основе предварительно разработанных критериев (87,6%).

Формы и виды взаимодействия ведущих школ с партнерскими

Работа по методической поддержке коллег в 87,3% ведущих школах не является прерогативой администрации школ и не выполняется единолично директором или его заместителями. Практически во всех ведущих школах сформировался кадровый потенциал из числа коучей и менторов, школьных тренеров, учителей-лидеров, обучившихся на курсах повышения квали-

фикации в Центре педагогического мастерства по соответствующим образовательным программам и которые в равной степени вовлечены в эту работу, используя разнообразный диапазон приемов и форм: наблюдение за обучением в классах; различные мониторинговые процедуры (анализ, оценка, анкетирование); индивидуальная работа с учителями и др.

Анализ активности вовлечения педагогических коллективов ведущих школ в работу по диссеминации наработанного опыта показывает, что, помимо заместителей директора (56,1%), в среднем 59,6% учителей (коучи, менторы, учителя, обучившиеся на курсах повышения квалификации) принимают личное участие в данном процессе, что наиболее часто выражается в таких видах и формах работы, как:

- проведение обучающих мероприятий и мероприятий по обмену опытом (мастер-классы, семинары, коучинг-сессии, тренинги, круглые столы, конференции и др.);
- участие в разработке планов-сценариев различных мероприятий;
- индивидуальное консультирование;
- методическая поддержка по отдельным проблемам практики преподавания;
- планирование и разработка траектории профессионального развития учителей;
- прямое наблюдение за обучением в классе и предоставление обратной связи;
- мониторинг профессиональных потребностей.

Вместе с тем в перечне видов и форм методической поддержки определены «лидеры»:

- наблюдение за обучением в классах (41,5%);
- обсуждение самооценки учителями своей работы (например, презентация портфолио и др.) – 37,9%;
- анализ результатов учащихся по итогам различных экзаменаций (37,5);
- анкетирование учителей по вопросам профессионального развития (37,4%).

Вместе с тем анализ полученных данных показывает, что сравнительно менее активно ведущими школами используется работа по оцениванию знаний учителей по преподаваемому предмету, а также работа с родителями учеников, по сути, главных «заказчиков» обучения, в частности в вопросах установления степени удовлетворенности их запросов и ожиданий, предоставления конструктивной и своевременной обратной связи.

Более того, активный анализ результатов учащихся по экзаменам (количественные данные) не сопровождается определением мнений самих учащихся по вопросам

обучения (и прежде всего эмоционально-психологические аспекты обучения).

К сожалению, при наличии эффективного практико-ориентированного потенциала вебинаров, их использование не получает заслуженного внимания в применении. Причинами, вероятно, могут служить: ограниченность в наличии и недостаточный уровень владения информационно-коммуникационными технологиями; предпочтительность в выборе «традиционных и привычных» методических подходов и технологий.

Критерии и результаты оценивания успешности диссеминации опыта ведущих школ

Объективность оценки успешности диссеминации опыта ведущих школ обеспечивается критериями, оценочными и корректирующими процедурами, разработанными и используемыми в большинстве случаев совместно с коллективами партнерских школ при использовании форм взаимодействия: совместное обсуждение профессиональных вопросов с каждым конкретным учителем; разработка плана профессионального развития и обучения; назначение ментора для каждого конкретного учителя.

В соответствии с разработанными критериями выявлены результаты, подтверждающие качественные преобразования в партнерских школах, благодаря системному процессу диссеминации опыта ведущих школ:

- доля руководителей, пополнивших знания и навыки в области школьного управления и лидерства – 57,0%;
- доля учителей, научившихся успешно применять в преподавании новые методы и подходы – 63,7%;
- доля школ, научившихся разрабатывать план развития школы – 57,7%;
- доля школ, научившихся разрабатывать критерии успешности развития школы – 57,9%;
- доля учителей, вовлеченных в работу сетевых профессиональных сообществ – 63,7%;
- доля учителей, овладевших навыками проведения школьных исследований и исследования собственной практики – 50,2%;
- доля школ, в которых созданы группы «Исследование урока» – 51,6%;
- доля школ, в которых повысилось участие родителей в планировании развития школы – 46,9%;
- доля учителей, научившихся основам среднесрочного планирования – 66,3%;
- доля учителей, научившихся разрабатывать критерии оценивания учебных достижений учащихся – 64,1%;

- доля учителей, разнообразивших формы работы с учениками – 63,7%;
- доля учеников, у которых наблюдается повышение мотивации к обучению – 62,1%.

Заключение

В заключение следует отметить, что, независимо от понятийной сущности процессов обобщения и использования успешного педагогического опыта, следует помнить, что данный процесс достигнет планируемого успеха лишь при условии его адресности конкретной педагогической среде и системности проведения, предполагающей:

- готовность одной стороны к диссеминации своего опыта и заинтересованность в принятии этого опыта с другой стороны;
- стратегическое планирование процесса;
- видение конкретного итогового результата;
- выявление проблем и возможных трудностей на пути диссеминации;
- разработка объективной критериальной базы оценивания хода процесса.

Список литературы

1. Игнатъева Г.А., Тулупова О.В. Инновационный технологический формат дополнительного профессионального образования педагогов // Педагогика и просвещение. 2015. № 4. С. 359–372.
2. Барбер М., Муршед М. Как добиться стабильно высокого качества обучения в школах. Уроки анализа лучших систем школьного образования мира // Вопросы образования. 2008. № 3. С. 7–60.
3. Загвязинский В.И. Методология и методика дидактического исследования. М.: Педагогика, 1982. 160 с.
4. Крайникова М.Н., Кульгина А.Г. Распространение передового педагогического опыта в региональной системе образования // Нижегородское образование. 2008. № 1. С. 99–104.
5. Праздникова Г.З. Современные формы презентации управленческого и педагогического опыта: методические рекомендации. Тамбов: Тамб. гос. ун-т, 2014. 62 с.
6. Игнатъева Г.А., Тулупова О.В. Инновационный технологический формат дополнительного профессионального образования педагогов // Педагогика и просвещение. 2015. № 4 (20). С. 359–372.
7. Слободчиков В.И. Инновационное образование: введение в проблему // Инновации и эксперимент в образовании. 2009. URL: <http://www.in-exp.ru/арhive/125-vved-in-probl.html> (дата обращения: 11.11.2018).
8. Бриткевич М.С. Инновационный педагогический опыт как фактор профессионального совершенствования учителя в условиях системы повышения квалификации: дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2018. 229 с.

УДК 37.022:378

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТАПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

¹Быков А.А., ¹Коноплев Д.Ю., ²Киселева О.М.

¹Филиал ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет МЭИ»,
Смоленск, e-mail: mail@sbmpei.ru;

²ФГБОУ ВПО «Смоленский государственный университет», Смоленск, e-mail: fi.zmat@smolgu.ru

Современный этап общественного развития характеризуется устойчивой тенденцией формирования технического общества. Это ставит перед высшей школой, обучающей технических специалистов, задачу формирования компетентного и квалифицированного выпускника, что невозможно без умения самосовершенствоваться и самообучаться. В приобретении данных умений в значительной мере помогает формирование у учащихся метапредметных компетенций. Метапредметные компетентности учащихся должны стать составляющей их профессионально-ориентированной культуры, характеризующей образ современного специалиста. Авторы описывают компоненты формирования метапредметных компетенций у студентов технических специальностей, выделяя в качестве основных структурных элементов содержательный, операционный и мотивационный компоненты. Содержательный компонент включает в себе, овладение теоретическими основами деятельности, осмысление сути происходящих процессов. Операционный компонент предполагает сформированность необходимых практических умений. Мотивационный компонент, связан с пониманием человеком личной и социальной необходимости деятельности. Также в статье представлены результаты эксперимента по определению начального уровня сформированности метапредметных компетенций у учащихся первого курса технических направлений подготовки филиала ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет МЭИ» в г. Смоленске, результаты которого являются значимыми для преемственности, непрерывности образовательного процесса при переходе учащихся из школы в высшие учебные заведения.

Ключевые слова: метапредметные компетенции, метапредметное содержание образования, универсальные учебные действия, педагогический процесс, профессиональная деятельность

THE FORMATION OF META-SUBJECT COMPETENCIES OF STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

¹Bykov A.A., ¹Konoplev D.Yu., ²Kiseleva O.M.

¹Filial National Research University Moscow Power Engineering Institute, Smolensk, e-mail: mail@sbmpei.ru;

²Smolensk State University, Smolensk, e-mail: fi.zmat@smolgu.ru

The modern stage of social development is characterized by a stable trend of formation of technical society. This puts before the higher school, which trains technical specialists, the task of forming a competent and qualified graduate, which is impossible without the ability to self-improve and self-study. In the acquisition of these skills greatly helps the formation of students metasubject competencies. Metasubject competence of students should become a component of their professional-oriented culture, characterizing the image of the modern specialist. The authors describe the components of metasubject competences formation among students of technical specialties. Highlighting as the main structural elements the content, operational and motivational components. The content component includes, mastering the theoretical foundations of activity, understanding, the essence of the processes. The operational component involves the formation of the necessary practical skills. The motivational component is associated with the understanding of a person's personal and social need for activity. The article also presents the results of an experiment to determine the initial level of formation of metasubject competencies in first-year students of technical areas of training of the branch of Filial National Research University Moscow Power Engineering Institute, Smolensk, the results of which are significant for the continuity of the educational process in the transition of students from school to higher education.

Keywords: meta-subject competence, meta-subject content of education, universal educational actions, educational process, professional activity

Современное общество требует от высшей школы подготовки специалистов, готовых к самосовершенствованию и самостоятельному принятию решений. Особенно жестко эти требования применяются к выпускникам технических специальностей. Поскольку их область профессиональной деятельности отличается высокой скоростью развития и обновления, что неизбежно влечет за собой устаревание знаний и навыков, полученных выпускником на студенческой скамье.

Человек, окончивший высшее учебное заведение, должен уметь учиться, воспринимать новые знания в постоянно изменяющихся условиях жизни и профессиональной деятельности.

Материалы и методы исследования

Образовательный стандарт ориентирует преподавателя на формирование межпредметных способностей деятельности, применимых как в рамках образовательного процесса в различных предметных областях, так и при решении проблем в реальных

жизненных ситуациях. Внедрение представленных идей базируется на освоении метапредметов в учебном процессе. Метапредметы можно рассматривать как новую специфическую форму обучения. Она формируется поверх традиционных учебных дисциплин. Под метапредметным содержанием образования будем понимать деятельность, не относящуюся ни к одной конкретной учебной дисциплине, которая имеет возможность обеспечить высокие результаты образовательного процесса в рамках преподавания любого учебного курса [1].

Так, для современного высшего образования характерна некоторая разобщенность, оторванность друг от друга разных научных дисциплин и, как следствие, учебных курсов. На наш взгляд, именно метапредметный подход к образовательному процессу может помочь в решении данной проблемы. Метапредметность дает возможность студенту усваивать обобщенные системы понятий и учебных действий широкого применения, а задачей преподавателя становится раскрытие специфики их использования в рамках своей дисциплины. Учащиеся получают возможность видеть итог использования одинаковых понятий и способов действий на материале различных учебных дисциплин. Это позволяет формировать навык переноса полученных знаний и алгоритмов деятельности на произвольные материалы и творческой их адаптации.

В научных работах встречаются различные определения понятия метапредметные компетенции. Воспользуемся толкованием Е.П. Поздняковой.

Метапредметные компетенции – это система универсальных учебных действий, позволяющая продуктивно выполнять регулятивные, познавательные и коммуникативные задачи [2].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что одной из основных задач обучения в высшей школе является формирование метапредметных (универсальных) учебных действий, вырабатывающих у студентов умение учиться, побуждающих к самостоятельной познавательной деятельности, что и приводит к формированию способности к саморазвитию и самосовершенствованию. Образовательный стандарт ориентирует преподавателей на формирование у учащихся метапредметных компетенций, способных обеспечить ему гибкость и адаптивность к быстро изменяющейся научной и практической действительности.

Таким образом перед преподавателями возникает актуальная задача – развить у студентов способность к самостоятельному успешному усвоению новых компетенций (коммуникативной, исследовательских действий, работы с информацией и т.п.). Это повлекло за собой принципиальное изменение подходов к обучению в высшей школе последнего десятилетия. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения дополнились новыми требованиями к выпускникам вузов, выделены метапредметные компетенции, которыми должны обладать выпускники инженерных специальностей, серьезно изменено в содержание образования.

Например, для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство, профиль Промышленное и гражданское строительство предусмотрены дисциплины:

– Б1.Б.3. Информатика.

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций работы с информацией:

– ОК-4 Владение эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.

– ОК-6 Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий.

– Б1.Б.7. Русский язык и культура речи.

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций, связанных с деловой коммуникацией:

– ОК-5 Способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия.

– Б1.Б.8. Психология управления.

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций, связанных с деловой коммуникацией и способностью регулировать ресурсами и управлять своим временем [3]:

– ОК-7 Способность к самоорганизации и самообразованию.

– ОК-7 Готовность к работе в коллективе, способность осуществлять руководство коллективом, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества производственного подразделения.

В качестве основных структурных элементов формирования метапредметных компетенций у студентов технических специальностей рассмотрим содержательный, операционный и мотивационный компоненты [4].

1. Содержательный (теоретическая подготовленность) компонент отвечает за усвоение теоретических основ деятельности, понимание сути происходящих процессов. При этом, если рассматривать содержательный компонент с точки зрения метапредметных компетенций, наиболее значимыми будут не сами теоретические знания, а способы их получения. Важным становится умение тиражировать, а при необходимости творчески переработать и трансформировать изученный алгоритм получения информации. Это является необходимым навыком для дальнейшего самообучения и саморазвития.

2. Операционный (практическая подготовленность) компонент предполагает сформированность необходимых практических умений. Данный компонент направлен на приобретение практического опыта деятельности и навыков по её самоанализу. Также он отвечает за умение студента производить оценку и коррекцию сформированного опыта поисковой, исследовательской, аналитической деятельности и развитие умения предвидеть последствия результатов своей деятельности и выделять перспективные направления дальнейшей работы.

При проверке практической сформированности метапредметных компетенций важную роль играют учебные и производственные практики, а также написание курсовых и выпускной квалификационной работ. Их можно рассматривать как индикатор результативности процесса формирования, выявления слабых мест и дальнейшей коррекции.

3. Мотивационный (сформированность личностно-потребностной сферы) компонент, отвечает за осознание студентом личной и социальной важности осуществляемой деятельности. Состоит

из набора личностных, познавательных и профессиональных мотивов, играет ведущую роль в формировании профессиональных качеств будущего специалиста.

При формировании метапредметных компетенций мотивационный компонент играет не последнюю роль. Для преподавателя важно актуализировать используемые способы действий, показать возможности их применения в различных областях, практической жизни или трудовой деятельности, обращать особое внимание на межпредметные связи. Акцентировать внимание на конкретных метапредметных компетенциях, формируемых посредством изучения той или иной дисциплины, поскольку для студента технических специальностей не всегда является очевидным практическая польза получения тех или иных навыков в процессе изучения дисциплин, например, гуманитарного профиля.

При всей важности формирования метапредметных компетенций в высших учебных заведениях основа для формирования должна закладываться на школьной скамье и продолжаться в вузе на основе преемственности, непрерывности, междисциплинарности, метапредметного содержания и рефлексивной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки начального уровня сформированности метапредметных компетенций авторами был проведен констатирующий эксперимент. Участниками эксперимента стали 40 студентов первого курса филиа-

ла ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет МЭИ» в г. Смоленске, обучающихся по направлениям 12.03.02 Опототехника, профиль Оптико-электронные приборы и системы; 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль Энергообеспечение предприятий и 15.03.02 Технологические машины и оборудование, профиль Пищевая инженерия малых предприятий.

Целью эксперимента была оценка начального состояния каждого из компонентов формирования метапредметных компетенций у студентов технических специальностей.

Для оценки результатов констатирующего этапа эксперимента выделим следующие уровни формирования метапредметных компетенций у учащихся 1 курса:

- высокий (80–100%),
- уровень выше среднего (60–80%),
- средний (40–60%);
- низкий (менее 40).

Учитывая выделенные уровни формирования, получены следующие результаты:

Содержательный (теоретическая подготовка) компонент (рис. 1):

- высокий уровень – 15%;
- уровень выше среднего – 14%;
- средний уровень – 39%;
- низкий уровень – 32%.

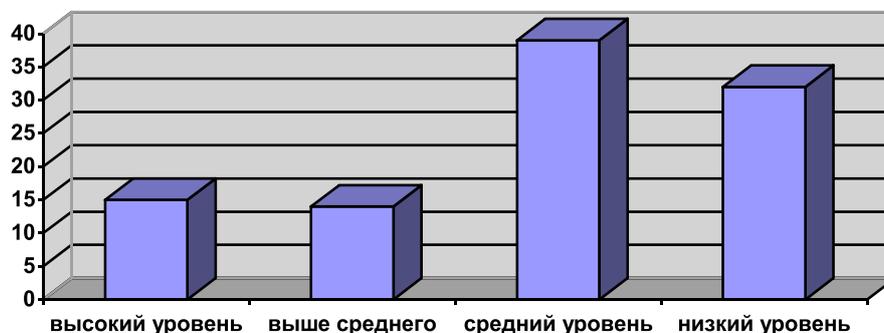


Рис. 1. Содержательный компонент формирования метапредметных компетенций

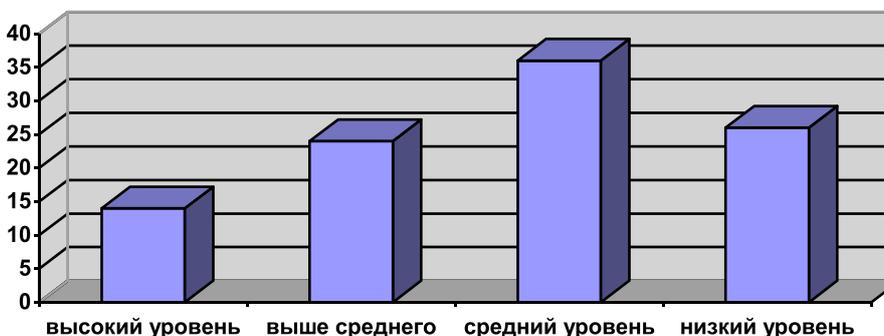


Рис. 2. Операционный компонент формирования метапредметных компетенций

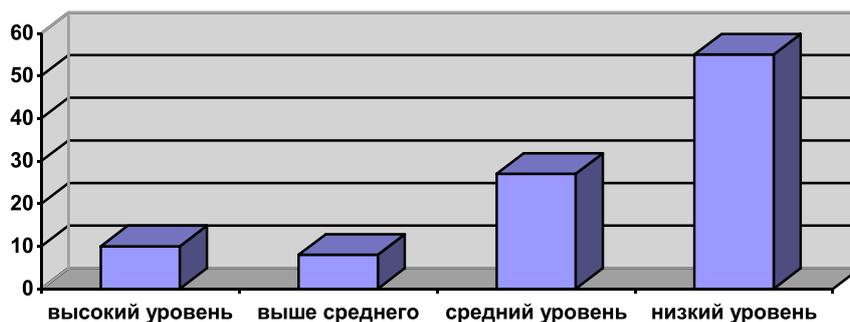


Рис. 3. Мотивационный компонент формирования метапредметных компетенций

На наш взгляд, средние показатели содержательного компонента формирования метапредметных компетенций у учащихся обусловлены общим высоким уровнем теоретической подготовки студентов, что можно подтвердить результатами вступительных экзаменов. Поэтому сложность в освоении метапредметных способов и алгоритмов действий возникает в незначительной степени.

Операционный (практическая подготовленность) компонент (рис. 2):

- высокий уровень – 14%;
- уровень выше среднего – 24%;
- средний уровень – 36%;
- низкий уровень – 26%.

На наш взгляд, средние показатели операционного компонента формирования метапредметных компетенций у учащихся обусловлены выбором учащихся технического направления обучения, что подразумевает определенную склонность к работе по алгоритмам и практику их творческой переработки и применения в процессе подготовки к вступительным экзаменам.

Мотивационный (сформированность личностно-потребностной сферы) компонент (рис. 3):

- высокий уровень – 10%;
- уровень выше среднего – 8%;
- средний уровень – 27%;
- низкий уровень – 55%.

На наш взгляд, низкие показатели мотивационного компонента формирования метапредметных компетенций у учащихся обусловлены недостаточным пониманием межпредметных связей, а также узкой ориентацией на техническую сферу деятельности, что положительно влияло на формирование предыдущих двух компонентов и пагубно сказалось на мотивационном компоненте формирования метапредметных компетенций.

Заключение

Таким образом, у студентов первого курса технических специальностей при формировании метапредметных компетенций особое внимание необходимо уделить формированию понимания практической пользы получения тех или иных метапредметных навыков и межпредметным связям. Именно это, на наш взгляд, позволит реализовать метапредметный подход при преподавании в высшем учебном заведении и даст возможность обеспечить высокий уровень квалификации выпускника, как бакалавра так и специалиста. [5] При этом профиль и степень профессиональной подготовки делают его готовым к эффективной работе по выбранной специальности, дают возможности для постоянного профессионального роста, социальной, культурной и профессиональной мобильности.

Список литературы

1. Тимофеева Н.М., Киселева О.М. Некоторые аспекты формирования метапредметных образовательных результатов в дистанционном обучении математике детей с ограниченными возможностями здоровья // Системы компьютерной математики и их приложения. 2018. № 19. С. 393–400.
2. Позднякова Е.П. Развитие метапредметных компетенций у младших школьников посредством интерактивных технологий: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Челябинск, 2010. 25 с.
3. Тимошук Н.А. Формирование метапредметной компетентности у студентов технического университета // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2015. № 3 (27). С. 233–241.
4. Алимухамбетова Г.Е. Теория педагогического процесса как основа формирования готовности школьников к познавательной деятельности. Алматы, 1994. 134 с.
5. Хуторской А.В. Нынешние стандарты нужно менять, наполнять их метапредметным содержанием образования // Народное образование. 2013. № 4. С. 157–171.

УДК 796:37.037

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВАРИАТИВНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КУРСАНТОВ ВУЗОВ ПОГРАНИЧНОГО ПРОФИЛЯ

Елисеев С.А., Коновалов И.Е.

*ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»,
Казань, e-mail: igko2006@mail.ru*

Актуальность исследования заключается в изучении влияния вариативного содержания профессионально-прикладной физической подготовки на функциональную подготовленность курсантов высших учебных заведений пограничного профиля. В статье представлены структура и содержание учебных занятий по профессионально-прикладной физической подготовке курсантов, реализуемых в рамках образовательного процесса военного вуза пограничного профиля, а также предложено примерное соотношение средств ОФП и ППФП по годам обучения, с приростом ППФП на старших курсах. В статье представлены результаты исследования изменения показателей функциональной подготовленности курсантов, используя следующие тесты и пробы: тест PWC_{170} , проба Штанге, проба Генче, индекс Руфье. По итогам проведенного исследования было выявлено, что изменение показателей функциональной подготовленности курсантов напрямую зависит от эффективности содержания профессионально-прикладной физической подготовки, в котором необходимо широко использовать комплексные средства тренировочного характера и вариативные методы подготовки. По итогам проведенного исследования, прирост изучаемых показателей функциональной подготовленности курсантов контрольной и экспериментальной групп в процентном соотношении составил: PWC_{170} – 2,07 и – 7,22%; проба Штанге – 3,96 и 19,86%; проба Генче – 6,71 и 18,18%; индекс Руфье – 2,36 и 12,23% – соответственно. При этом наибольшее значение у курсантов контрольной группы отмечено в показателе пробы Генче, а у курсантов экспериментальной группы – в показателе пробы Штанге. Наименьшее же значение прироста у курсантов обеих исследуемых групп отмечено в показателе PWC_{170} .

Ключевые слова: курсанты военных учебных заведений пограничного профиля, функциональная подготовка, оптимизация процесса профессионально-прикладной физической подготовки

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF VARIABLE CONTENT OF PROFESSIONAL AND APPLIED PHYSICAL TRAINING ON THE FUNCTIONAL CONDITION OF CADETS OF MILITARY EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE BORDER PROFILE

Eliseev S.A., Konovalov I.E.

Volga Region State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: igko2006@mail.ru

The relevance of the study lies in the study of the influence of variable content of professional-applied physical training on the functional readiness of cadets of military educational institutions of the border profile. The article presents the structure and content of the training session on professional-applied physical training of cadets implemented within the framework of the educational process of the military education institution of the border profile, as well as the approximate ratio of GPT and PAPT during the years of training was changed with the increase of PAPT at senior courses. The article presents the results of a study of changes in the indicators of cadets' functional preparedness using the following tests and tests: test PWC_{170} , Stange test, Genche test, Rufe index. According to the results of the study, it was revealed that the change in the indicators of the functional preparedness of cadets directly depends on the effectiveness of the content of professional-applied physical training, in which it is necessary to make extensive use of comprehensive training tools and varying training methods. According to the results of the study, the increase in the studied indicators of the functional preparedness of cadets from the control and experimental groups as a percentage was: PWC_{170} – 2.07 and – 7.22%; Stange test – 3.96 and 19.86%; Genche test – 6.71 and 18.18%; Rufe index – 2.36 and 12.23% – respectively. At the same time, the highest value among the cadets of the control group was noted in the Genche test indicator, and among the cadets of the experimental group in the Stange test. The smallest increment value among the cadets of both studied groups is noted in indicator PWC_{170} .

Keywords: cadets of military educational institutions of the border profile, functional training, optimization of the process of vocational and applied physical training

Современная система военного высшего образования, имеет все необходимые возможности для формирования у курсантов новых мировоззренческих установок, отвечающих современным требованиям подготовки военнослужащих для обеспечения безопасности современного общества. Подготовка военных специалистов выступает как важнейший социально-государственный заказ, направленный на подготовку во-

енных специалистов к решению будущих профессиональных задач [1, 2].

Для решения профессиональных задач, военнослужащий должен быть подготовлен морально, физически и психологически, владеть необходимыми знаниями, умениями и навыками, а главное должен быть способен осознанно и непрерывно их совершенствовать. Таким образом, успешность профессиональной подготовки курсантов,

обучающихся в военных училищах пограничного профиля, в значительной степени обусловлена способностью переносить длительные физические нагрузки при высоком уровне морального и нервно-психического напряжения [3, 4].

Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) курсантов является неотъемлемой частью их профессионального обучения, она составляет на основе учета действующих учебных программ, нормативных документов, обобщения опыта работы военных специалистов, а также научных исследований, проведенных в этой сфере деятельности [5–7]. При этом приоритетным направлением совершенствования содержания ППФП курсантов военных вузов является повышение эффективности и качества реализации учебной дисциплины «Физическая подготовка», обеспечивая ее направленность в сторону специфики профессиональной подготовки курсантов для их готовности выполнять в будущем необходимые оперативные задачи [8, 9].

В связи с этим одной из важных задач образовательного процесса курсантов является повышение показателей их функциональной подготовленности для качественного выполнения своих профессиональных обязанностей, что невозможно без эффективного содержания ППФП военнослужащих.

Цель исследования: изучение влияния содержания ППФП на функциональное состояние курсантов вузов пограничного профиля.

Методы исследования: анализ и обобщение научно-методической литературы, педагогический эксперимент, тестирование, математическая статистика.

Результаты исследования и их обсуждение

Структура занятий ППФП, реализуемых в вузе пограничного профиля, предполагает наличие трех взаимосвязанных частей: подготовительной, основной и заключительной.

На подготовительную часть занятия отводится около 15 минут, ее продолжительность может варьироваться в зависимости от задач занятия. Задачами подготовительной части занятия является организации занимающихся, подготовка их организма к предстоящим физическим нагрузкам [10].

На основную часть занятия отводится около 65 минут. В ней курсанты овладевают двигательными умениями; техническими элементами видов спорта из разделов программы; развивают психологические свойства личности, физические качества и двигательные способности, формируют навыки действовать в сложных ситуационных условиях. Основная часть занятия проводится

на одном или нескольких учебных местах с последующей их сменой [10].

Главной задачей основной части занятия курсантов является улучшение показателей профессионально-прикладной физической подготовленности курсантов на основе расширенного применения средств и методов общей и специальной направленности.

В начале основной части занятия, как правило, используются упражнения для освоения и совершенствования двигательных действий, активно применяются упражнения, направленные на развитие физических качеств и двигательных способностей. Во второй части занятия идет комплексно-тренировочная работа, направленная на формирование и развитие профессионально важных психофизических качеств обучающихся, активно применяются учебные задания, приближенные к будущей оперативной деятельности курсантов.

Содержание ППФП реализовывалось, в том числе методом круговой тренировки, режим работы при этом носил тренировочный характер. Другой спецификой авторского варианта ППФП является активное применение комплексных полос препятствий, предусматривающих прикладное применение различных двигательных действий курсантов, а также выполнение учебных заданий, максимально привязанных к будущей служебной деятельности. Соотношение средств ОФП и ППФП по годам обучения изменялось с приростом ППФП на старших курсах. На первом курсе доля применения средств ППФП от общего объема выделенного времени составляет 30%, на втором – 50%, на третьем – 70%, на четвертом – 80%.

Усиление содержания основной части занятия в течение учебного года, в части ППФП, проводилось по трем основным направлениям:

1. Практические занятия решали задачи не только образовательные, развивающие и оздоровительные, но и профессионально ориентированные.

2. В содержание практических занятий включались не только общепринятые упражнения (предусмотренные программой по физической подготовке), но и профессионально прикладные.

3. Практические занятия носили не только комплексный характер, но и избирательный характер, для усиления отстающих компонентов ППФП или целенаправленное развитие отстающих физических качеств и двигательных способностей.

На заключительную часть занятия отводится около 10 минут. Организм приводится в относительно спокойное состояние, подводятся итоги занятия, наводится порядок

на учебных местах. Содержание заключительной части занятия включает в себя: бег в медленном темпе, ходьбу, упражнения на восстановление дыхания, сердцебиение и расслабления мышц. Заключительная часть необходима для снижения физической и психической нагрузки занимающегося, для нормализации его состояния в целом [10].

Исследование проводилось на базе Курганского пограничного института, в нем принимали участие курсанты 2–4 курсов. В эксперименте принимали участие 50 курсантов по 25 человек в контрольной и экспериментальной группах. Контрольная группа занималась по классическому содержанию ППФП, а экспериментальная группа – по авторскому.

Для изучения изменения показателей функциональной подготовленности курсантов были использованы следующие тесты и пробы: PWC_{170} (кг/м/мин), Проба Штанге (с), Проба Генче (с), Индекс Руфье (у.е).

Проба Physical Working Capacity (PWC). Тестирование физической работоспособности (PWC_{170}) проводилось на велоэргометре, где определялась физическая работоспособность при частоте сердечных сокращений 170 уд/мин. Расчёт величины PWC_{170} производили по следующей формуле:

$$PWC_{170} = N1 + (N2 - N1) \frac{170f}{f2 - f1},$$

где $N2$ и $N1$ – мощность первой и второй нагрузки в кг/м/мин;
 $f2$ и $f1$ – частота сердечных сокращений в конце первой и второй нагрузок.

Величина пробы PWC_{170} и величина МПК каждая в отдельности характеризует PWC_{170} человека и определил эту взаимосвязь по формуле

$$МПК = PWC_{170} \times 2,6 + 1070.$$

Проба Штанге. Данная проба выполняется с задержкой дыхания на вдохе. До начала пробы участнику измеряют ЧСС за 30 с. Участник по команде задерживает дыхание на полном вдохе. Нос участника зажимается пальцем или специальным зажимом. Регистрируется время выполнения пробы и сразу же после выполнения производится подсчет пульса.

Проба Генче выполняется с задержкой дыхания на выдохе. У участника дважды подсчитывается, пульс за 30 с в положении стоя. Задержка производится участником на полном выдохе. Регистрируется время выполнения пробы, и сразу после возобновления дыхания фиксируется пульс участника.

Проба Руфье используется для определения и оценки работоспособности. У участников, лежа на спине, фиксируют ЧСС за 15 с и записывают со знаком (P_1). Далее испытуемый выполняет 30 приседаний за 45 с (стоя руки вдоль туловища, присед руки вперед). Сразу после приседания у испытуемых подсчитывается ЧСС за первые 15 с результат записывается со значком P_2 . Далее в восстановительный период в конце первой минуты после остановки за последние 15 с фиксируются третий показатель ЧСС и записывается со значком P_3 . Результаты заносятся в формулу для определения результата оценки работоспособности: $ИР = (4 * (P_1 + P_2 + P_3) - 200) / 10$. Шкала оценки результатов ИР: если показатель > 3 – хорошая; показатель 3–6 – средняя; показатель 7–9 – удовлетворительная; показатель 10–14 – плохая; 15 и $<$ очень плохая, показывает сильную сердечную недостаточность.

Полученные результаты исследования наглядно представлены в таблице.

Показатели функциональной подготовленности курсантов экспериментальной и контрольной групп за период эксперимента

Этап исследований	В начале				
	КГ($X \pm \delta$)	ЭГ($X \pm \delta$)	Разница (ЭГ-КГ)	T	P
PWC_{170} (кг/м/мин)	1215,56 \pm 21,02	1218,0 \pm 17,21	2,48	0,475	0,637
Проба Штанге (с)	65,41 \pm 3,67	64,52 \pm 3,13	-0,89	0,957	0,343
Проба Генче (с)	29,26 \pm 3,01	30,96 \pm 3,54	1,70	1,907	0,062
Индекс Руфье (у.е)	8,33 \pm 0,21	8,30 \pm 0,20	-0,04	0,672	0,504
Этап исследований	В конце				
	КГ($X \pm \delta$)	ЭГ($X \pm \delta$)	Разница (ЭГ-КГ)	T	P
PWC_{170} (кг/м/мин)	1240,78 \pm 22,49	1306,04 \pm 27,28	65,26	9,591	0,000
Проба Штанге (с)	68,00 \pm 3,86	77,33 \pm 2,84	9,33	10,112	0,000
Проба Генче (с)	31,22 \pm 3,27	36,59 \pm 3,53	5,37	5,794	0,000
Индекс Руфье (у.е)	8,14 \pm 0,15	7,28 \pm 0,46	-0,86	9,116	0,000

Примечание. X – среднее арифметическое, δ – стандартное отклонение, T – критерий Стьюдента, P – уровень значимости.

Из таблицы видно, что в начале исследования у курсантов контрольной и экспериментальной групп в показателях функциональной подготовленности статистически значимых различий между средними значениями зафиксировано не было ($P > 0,05$). Однако в конце эксперимента показатели функциональной подготовленности курсантов в обеих исследуемых группах улучшились по всем изучаемым показателям, при этом у курсантов экспериментальной группы более выражено, и эти изменения являются достоверно значимыми ($P < 0,05$).

Сравнительный анализ изменения показателей теста PWC_{170} показал, что в начале исследования значение этого показателя в контрольной группе составило $1215,56 \pm 21,02$ кг/м/мин, а в экспериментальной группе равнялся $1218,0 \pm 17,21$ кг/м/мин.

При изучении результатов теста PWC_{170} , полученных в конце исследования, видно, что в контрольной группе произошло улучшение этого показателя на $25,2$ кг/м/мин, а в экспериментальной группе на 88 кг/м/мин. То есть значения исследуемого показателя в контрольной группе составили $1240,78 \pm 22,49$ кг/м/мин, а в экспериментальной группе равнялся $1306,04 \pm 27,28$ кг/м/мин.

Таким образом, у курсантов экспериментальной группы были зафиксированы более высокие темпы прироста данного показате-

ля за период исследования, по сравнению с курсантами контрольной группы, и он является достоверно значимым ($P < 0,05$).

Сравнительный анализ изменения показателей пробы Штанге показывает, что в начале исследования в контрольной группе значение данного показателя равнялось $65,41 \pm 3,67$ с, а в экспериментальной группе составило $64,52 \pm 3,13$ с.

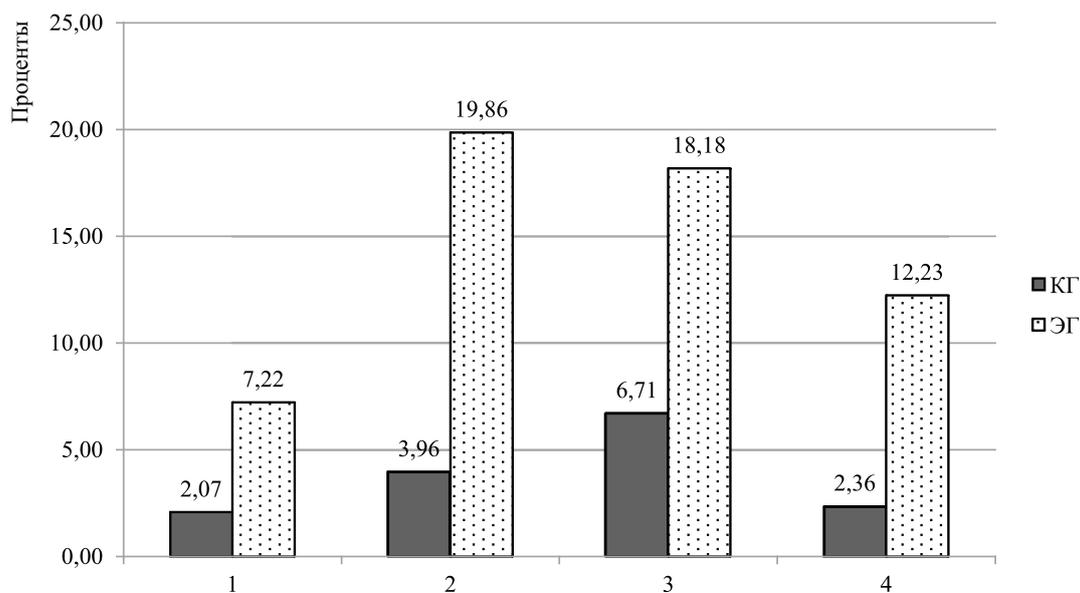
При изучении результатов пробы Штанге, зарегистрированных в конце исследования, видно, что в контрольной группе произошло улучшение показателя на $2,59$ с, а в экспериментальной группе на $12,81$ с.

В контрольной группе он составил $68,00 \pm 3,86$ с, в экспериментальной группе равнялся $77,33 \pm 2,84$ с. Различия в исследуемом показателе в начале исследования составили $0,89$ с, а в конце эксперимента $9,33$ с.

При рассмотрении результатов в показателе проба Генче в начале исследования, у курсантов контрольной группы были зафиксированы следующие значения – $29,26 \pm 3,01$ с, и у курсантов экспериментальной группы – $30,96 \pm 3,54$ с – соответственно.

В конце исследования данный показатель улучшился в контрольной группе на $1,96$ с, а в экспериментальной группе на $5,63$ с.

То есть результат в этом показателе в контрольной группе составил $31,22 \pm 3,27$ с, а в экспериментальной был равен $36,59 \pm 3,53$ с.



Прирост показателей функциональной подготовленности курсантов контрольной и экспериментальной групп за период эксперимента. Примечание: 1 – PWC_{170} кг/м/мин; 2 – проба Штанге, с; 3 – проба Генче, с.; 4 – индекс Руфье у.е.

Сравнительный анализ показателя индекса Руфье показывает, что в начале исследования в контрольной группе он составил $8,33 \pm 0,21$ у.е., а в экспериментальной группе был равен $8,30 \pm 0,20$ у.е.

В конце исследования результат положительно изменился, так, в контрольной группе он составил $8,14 \pm 0,15$ у.е, а в экспериментальной группе равнялся $7,28 \pm 0,46$ у.е.

Следует отметить, что в контрольной группе произошло улучшение данного показателя на 0,20 у.е, а в экспериментальной группе на 1,01 у.е. при этом он является достоверно значимым ($P < 0,05$).

Результаты прироста показателей функциональной подготовленности курсантов контрольной и экспериментальной групп наглядно представлены на рисунке.

Выводы

По итогам проведенного исследования было выявлено, что изменение показателей функциональной подготовленности курсантов напрямую зависит от эффективности содержания ППФП, в котором широко используются комплексные средства и вариативные методы подготовки. По итогам проведенного исследования прирост изучаемых показателей функциональной подготовленности курсантов контрольной и экспериментальной групп в процентном соотношении составил: $PWC_{170} - 2,07$ и $- 7,22\%$; проба Штанге – $3,96$ и $19,86\%$; проба Генче – $6,71$ и $18,18\%$; индекс Руфье – $2,36$ и $12,23\%$ – соответственно. При этом наибольшее значение у курсантов контрольной группы отмечено в показателе пробы Генче, а у курсантов экспериментальной группы в показателе пробы Штанге. Наименьшее же значение прироста у курсантов обеих исследуемых групп отмечено в показателе PWC_{170} .

Список литературы

1. Бакаев В.В., Сабанин А.М. Структура показателей физической готовности выпускников образовательных учреждений ФСБ России пограничного профиля, необходимые для эффективной оперативно-розыскной деятельности // Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры: матерматер. Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. С. 27–31.
2. Елисеев С.А., Коновалов И.Е. Анализ потенциальных возможностей совершенствования процесса профессионально-прикладной физической подготовки курсантов военных учебных заведений: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2017. Т. 2. С. 432–434.
3. Бакаев В.В., Сабанин А.М. Показатели физической готовности выпускников образовательных учреждений ФСБ России пограничного профиля, необходимые для эффективной оперативно-розыскной деятельности // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2015. № 11 (129). С. 39–42.
4. Яковлев Д.С., Володин В.Н., Сидоров А.В. Физическая готовность военнослужащих высшего военного учебного учреждения // Психология и педагогика в образовательной научной среде: матер. Межд. науч.-практ. конференции. Уфа: ООО «Агентство международных исследований», 2016. С. 175–177.
5. Калашникова Е.В., Фенько В.П., Холоимов А.Ю., Буланов С.О. Содержание и структура программного материала военно-прикладной физической подготовки // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. 2012. № 1 (14). С. 73–78.
6. Таран В.С., Романчук С.В. Совершенствование профессионально-прикладной физической подготовки курсантов высших военных учебных заведений // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2007. № 12. С. 130–133.
7. Фадеева В.В., Щуклинов В.Ю. Профессиональная подготовка инженерно-технических специалистов пограничной службы ФСБ России // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота. Серия: Психолого-педагогические науки. 2011. № 3. С. 157–163.
8. Елисеев С.А., Коновалов И.Е. Оптимизация содержания профессионально-прикладной физической подготовки военнослужащих, используя комплекс упражнений «Strenflex» // Проблемы и перспективы физического воспитания, спортивной тренировки и адаптивной физической культуры: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2018. С. 479–483.
9. Елисеев С.А., Коновалов И.Е. Изучение показателей физической подготовленности курсантов высших учебных заведений пограничного профиля как условие эффективной оптимизации их профессионально-прикладной физической подготовки // Наука и спорт: современные тенденции. 2018. Т. 19. № 2. С. 96–101.
10. Михайлов А.А., Ботыгин В.И., Гинко В.И., Кисляков П.А. Основы начальной военной подготовки: учебное пособие. В 2-х ч. Часть 2. Шуя: Изд-во Шуйского филиала ИВГУ, 2015. 152 с.

УДК 378

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Ильмушкин Г.М., Нечаева Н.Ю.

*Димитровградский инженерно-технологический институт НИЯУ МИФИ, Димитровград,
e-mail: gera1946@yandex.ru, nat-bilyucheva@yandex.ru*

Данное исследование посвящено выявлению педагогических условий обеспечения эффективного формирования организационно-управленческой компетентности будущих специалистов атомной отрасли. На основе системного анализа выделен комплекс педагогических условий, в частности: создание необходимого учебно-методического обеспечения по формированию организационно-управленческой компетенции; широкое использование в формировании управленческих компетенций инновационных средств педагогической коммуникации; поэтапное формирование организационно-управленческой компетентности. Раскрыта сущностная характеристика каждого из выявленных педагогических условий. Выбор педагогических условий, обеспечивающих продуктивное формирование исследуемой компетентности, происходит исходя из следующих положений: потребностей общества, работодателей, самих обучаемых к подготовке специалистов для предприятий атомной отрасли; целеполагания; анализа эффективности формирования исследуемой компетентности; специфики формирования рассматриваемой компетентности; особенностей содержания инженерной подготовки специалистов атомной отрасли. Определены основные принципы, на основе которых происходит оптимальное структурирование содержания инженерной подготовки специалистов для предприятий атомной промышленности. Создание выявленных педагогических условий призвано обеспечить успешное формирование рассматриваемой компетентности у студентов в процессе инженерной подготовки для предприятий атомной промышленности. При этом методологическую основу исследования составили компетентностный и системный подходы в формировании у студентов организационно-управленческой компетентности.

Ключевые слова: компетентность, инженерная подготовка, содержание, принципы, информационные технологии, структурирование

PEDAGOGICAL CONDITIONS OF FORMATION OF ORGANIZATIONAL AND MANAGEMENT COMPETENCE OF FUTURE SPECIALISTS NUCLEAR INDUSTRY

Imushkin G.M., Nechaeva N.Yu.

*Dimitrovgrad Engineering and Technological Institute of National Research Nuclear University MEPHI,
Dimitrovgrad, e-mail: gera1946@yandex.ru, nat-bilyucheva@yandex.ru*

This study is dedicated to identifying the pedagogical conditions for ensuring the effective formation of the organizational and managerial competence of future nuclear industry specialists. On the basis of the system analysis, a complex of pedagogical conditions has been identified, in particular: the creation of the necessary teaching and methodological support for the formation of organizational and managerial competence; wide use in the formation of managerial competencies of innovative means of educational communication; phased formation of organizational and managerial competence. Revealed the essential characteristics of each of the identified pedagogical conditions. The choice of pedagogical conditions that ensure the productive formation of the competence under study is based on the following provisions: the needs of society, employers, and the students themselves to prepare specialists for the nuclear industry; goal setting; analysis of the formation of the studied competence; the specifics of the formation of the competence in question; features of the content of the engineering training of nuclear industry specialists. The basic principles were determined, on the basis of which the optimal structuring of the content of engineering training for specialists in the nuclear industry takes place. The creation of the identified pedagogical conditions is intended to ensure the successful formation of the considered competence of students in the process of engineering training for enterprises of the nuclear industry. At the same time, the methodological basis of the research was formed by the competence-based and systemic approaches in shaping students' organizational and managerial competence.

Keywords: competence, engineering training, content, principles, information technologies, structuring

Как известно, «управление – это функция организованных систем различной природы, обеспечивающая сохранение их определенной структуры, реализацию их программ и целей» [1; с. 1379]. Отсюда и следует приоритетная значимость управления в жизнедеятельности любой системы, особенно актуальны вопросы эффективного управления наукоемким и высокотехнологичным процессом производства в со-

временных условиях неопределенности развития экономики. При этом сформированность организационно-управленческой компетентности специалистов атомной отрасли должна соответствовать требованиям Госкорпорации «Росатом» и образовательным стандартам [2].

Современному научному толкованию организационно-управленческой компетентности специалистов технического

вуза посвящены работы таких авторов, как О.В. Попова [3, с. 31]. А.В. Козлов [4], А.Е. Шастина [5, с. 188] и др. Изучением структурных составляющих организационно-управленческой компетентности, в частности, занимался П.Ю. Гончаров [6, с. 127].

Итак, организационно-управленческая компетентность специалиста любой отрасли производства представляет собой систему, включающую определенные системные элементы.

Однако функционирование любой педагогической системы возможно лишь при соблюдении определенных педагогических условий. Под педагогическими условиями понимается «совокупность средств, мер и обстоятельств образовательного процесса, которые способствуют развитию профессиональной компетентности студентов» [7, с. 87]. Педагогические условия в рамках данного подхода включают в себя содержание обучения, организационные формы, методы, приемы, материально-пространственную среду взаимодействия субъектов образовательного процесса, обстоятельства.

Или Н.В. Ипполитова [8] рассматривает педагогические условия как компонент педагогической системы, отражающий совокупность внутренних и внешних элементов. Под внутренними элементами понимаются условия, обеспечивающие развитие личностных аспектов субъектов образования, а под внешними – способствующие реализации самого педагогического процесса.

Нами под педагогическими условиями понимается структурный компонент педагогической системы, включающий совокупность возможностей пространственно-образовательной среды, формы, методы, средства, содержание обучения, характер взаимодействия между объектом и субъектом образовательного процесса, оказывающих непосредственное влияние на эффективность образовательного процесса.

Однако формирование организационно-управленческой компетентности студентов в условиях инженерной подготовки для предприятий атомной промышленности имеет свои особенности в контексте реализации идеологии компетентностного подхода в образовании, которые существенным образом отражаются на создании комплекса педагогических условий продуктивного продвижения обозначенной компетентности. Тем самым становится актуальной проблема выявления и теоретического обоснования необходимых педагогических условий формирования исследуемой компетентности, поскольку наукоемкое атомное производство особо нуждается в конкурентоспособных управленческих инженерных кадрах.

Цель исследования: выявить педагогические условия, создание которых призвано обеспечить успешное формирование организационно-управленческой компетентности будущих специалистов атомной отрасли.

Материалы и методы исследования

На основе сопоставительного анализа существующих определений управленческой компетентности и близких к ним понятий, а также с учетом требований к выпускникам ядерных специальностей в соответствии с государственными образовательными стандартами и требованиями работодателей сформулировано следующее определение: «Организационно-управленческая компетентность выпускника ядерных специальностей – это системное образование личности, состоящее из когнитивной, мотивационной, деятельностной, рефлексивно-оценочной, проектно-исследовательской, эмоционально-волевой компетенций и личностных качеств, позволяющих специалисту самостоятельно принимать адекватные управленческие решения в процессе выполнения научно-производственных задач; успешно выполнять организационно-управленческие функции в постоянно изменяющихся условиях и оперативно включиться в научно-производственную среду в процессе выполнения наукоемких ядерных исследований на современных высокотехнологических установках, требующих четкого обслуживания и оперативного управления» [9–10].

Выбор педагогических условий, обеспечивающих продуктивное формирование исследуемой компетентности, происходит исходя из следующих положений: потребностей общества, работодателей, самих обучаемых к подготовке специалистов для предприятий атомной отрасли; целеполагания; анализа эффективности формирования исследуемой компетентности; специфики формирования рассматриваемой компетентности; особенностей содержания инженерной подготовки специалистов атомной отрасли.

Основу методологической базы исследования составляют системный, деятельностный и компетентностный подходы, которые обеспечили целостный и системный анализ педагогических явлений и факторов в процессе выявления педагогических условий формирования исследуемой компетентности.

Результаты исследования и их обсуждение

По существу, педагогические условия, обеспечивающие формирование рассматриваемой компетентности, представляют те условия, которые приводят к продуктивному продвижению ее структурных компонентов: когнитивного, мотивационного, деятельностного, рефлексивно-оценочного, проектно-исследовательского, эмоционально-волевого, а также личностных качеств обучаемого. На основе анализа результатов теоретического и экспериментального исследований выявлен комплекс педагогических условий, создание которых призвано обеспечить успешное формирование организационно-управленческой компетент-

ности у студентов в процессе инженерной подготовки для предприятий атомной промышленности.

Охарактеризуем сущность каждого из педагогических условий.

1. Создание необходимого учебно-методического обеспечения по формированию организационно-управленческой компетентности. Прежде всего, учебно-методическое обеспечение необходимо для развития когнитивной составляющей исследуемой компетентности, при этом создает предпосылки для качественного усвоения студентом содержания образования и стимулирует его познавательный интерес. Разработка учебно-методического обеспечения осуществляется, опираясь на идеологию компетентностного подхода в образовании, с учетом ФГОС и требований работодателя к специалистам атомной отрасли. На наш взгляд, учебно-методическое обеспечение должно отвечать определенным критериям, в частности: соответствовать нормативным образовательным документам; исключать дублирование отдельных тем и вопросов, встречающихся при изучении других дисциплин, и др.

Учебно-методическое обеспечение может быть представлено: учебниками на бумажных и электронных носителях, обучающими компьютерными системами, аудио- и видеоматериалами, тренинговыми учебными упражнениями, различными базами данных и т.д.

Сегодня, в условиях информатизации образования, неотъемлемым элементом образовательного процесса становится использование электронных средств обучения. Образовательные электронные издания и ресурсы имеют ряд неоспоримых преимуществ. Так, электронные средства обучения позволяют использовать новые методы отбора и формирования содержания образования; скорректировать роль обучаемого и преподавателя в учебном процессе; повысить эффективность обучения за счет индивидуализации учебного процесса; модифицировать механизмы управления системой образования.

Несмотря на явные преимущества электронных средств обучения, необходимо учитывать и специфику формирования организационно-управленческой компетентности. Так, с одной стороны, информатизация образовательного процесса позволяет повысить активность студента, развить в нем способность критического мышления, потребность поиска необходимой информации, прогнозирования результатов принятых решений, что, несомненно, положительно отражается на формировании изучаемой компетентности специалистов

атомной отрасли. С другой стороны, индивидуализация процесса обучения может привести к ограничению общения студента и преподавателя. Поэтому необходимо разумное сочетание электронных ресурсов в процессе формирования организационно-управленческой компетентности специалистов атомной отрасли.

2. Повышение квалификации профессорско-преподавательского состава по вопросам формирования у студентов управленческих компетенций в контексте подготовки специалистов для атомной отрасли. Активное развитие атомной отрасли сегодня и экономическая ситуация диктуют новые требования не только к подготовке специалистов атомной отрасли, но и новые требования к квалификации и компетентности профессорско-преподавательского состава вузов, готовящих специалистов для атомной отрасли. Конкурентоспособность вуза, а следовательно, и его выпускников во многом зависит от профессорско-преподавательского состава. Безусловно, повышение квалификации преподавателей в сфере управленческих дисциплин способствует развитию организационно-управленческой компетентности студента – будущего специалиста атомной отрасли.

3. Оптимальное структурирование содержания образования для ядерных специальностей в соответствии с государственными образовательными стандартами и требованиями работодателей. Данное условие реализуется с учетом формирования у студентов организационно-управленческой компетентности путем реализации междисциплинарного подхода в образовании. Содержательная часть учебного процесса обуславливается спецификой профессиональной деятельности будущего специалиста атомной отрасли и отражается в учебных дисциплинах, в образовательных программах. Безусловно, при структурировании содержания управленческих дисциплин необходимо учитывать специфику производственной деятельности будущих специалистов в атомной отрасли. Кроме того, целесообразно производить отбор содержания обучения с привлечением заказчиков подготовки специалистов.

Содержание образования представляет собой систему научно-теоретических знаний, практических умений, навыков и компетенций, которыми должен обладать обучающийся в результате получения образования. Содержание образования отражается, прежде всего, в государственных образовательных стандартах и в образовательных программах подготовки специалистов; в учебных планах; в учебниках и т.д.

Ключевое место занимает оптимальное структурирование содержания инженерной подготовки, при этом следует опираться на основополагающие исходные предписания и положения, то есть принципы: научности; систематичности; связи теории и практики; фундаментальности; доступности; соответствия содержания обучения выбранной профессии; единства содержания, предполагающего междисциплинарный подход с целью формирования у студентов целостной научной картины; перспективности развития научного знания.

Содержание образования можно представить в виде системы, элементами которой являются отдельные знания, умения и навыки. Следовательно, при структурировании содержания образования следует опираться на системный подход. Сущность структурирования содержания учебной дисциплины заключается в раскрытии связей между элементами содержания дисциплины (раздела, темы и т.д.) и выстраивании учебного материала в соответствии с выявленной последовательностью. Исходя из целей, специфики учебного курса возможно различное структурирование содержания образования. Так, в современной педагогике наиболее распространенными являются следующие структуры изложения содержания дисциплины: линейная, концентрическая, спиральная (таблица).

Нами рекомендуется использование смешанного способа изложения содержания образования. Так, например, некоторые отдельные блоки учебной дисциплины могут быть изложены при помощи линейной, концентрической или спиральной структуры. Это позволяет преподавателю маневрировать, выбирать конкретный способ структурирования в зависимости от целей каждого отдельного содержательного блока. При этом особое внимание следует обратить на уровень сложности восприятия того или иного материала. Такой подход позволяет оптимизировать процесс обучения, как по содержанию, так и по временному параметру.

На наш взгляд, в современных условиях реализации компетентностной парадигмы в образовании является наиболее приемлемой в процессе формирования организационно-управленческой компетентности будущих специалистов атомной отрасли модульно-компетентностная структура содержания управленческих дисциплин. Данная образовательная концепция в качестве целей предусматривает профессиональные компетенции, а в качестве средства достижения – модульная структура содержания обучения [11]. Модульная структура учеб-

ных программ отличается содержательной, технологической и структурной гибкостью, а также позволяет использовать при формировании исследуемой компетентности широкий спектр информационно-коммуникативных, инновационных технологий.

4. Широкое использование в формировании управленческих компетенций у будущих специалистов атомной отрасли инновационных средств педагогической коммуникации. Прежде всего, в формировании исследуемой компетентности призваны сыграть свою роль информационные технологии, поскольку позволяют каждому получить свободный доступ к информационным ресурсам, а также генерировать информацию, хранить, обрабатывать. Сегодня существует тенденция замены и дополнения естественной коммуникации виртуальной. Это касается и учебной деятельности студента: объемы учебной информации, поступающей студенту по виртуальным коммуникациям, во много раз превышают объемы информации, поступающей в рамках естественной коммуникации. То есть, появились новые возможности для успешной образовательной деятельности: возможность быстрого доступа к образовательным ресурсам; возможность получения информации в разнообразных форматах: текстовой, аудиоматериалов, видеоматериалов, «виртуальной реальности», мультимедиа-сообщений; преподаватель перестает быть основным источником информации, а выступает скорее как «консультант», ориентируя обучаемого в многообразном информационном потоке; совершенствование методов и технологий отбора и формирования содержания образования.

Формирование организационно-управленческой компетентности специалиста атомной отрасли в ходе традиционных вузовских занятий сопряжено с рядом нерешенных проблем: ограниченной возможностью индивидуального подхода к каждому студенту; невозможность в ходе аудиторных занятий смоделировать условия производственной среды; незначительным количеством ситуационных задач, которые возможно разобрать на занятии; ограниченной возможностью самостоятельного выбора управленческих решений каждым студентом. Обозначенные трудности успешно преодолеваются посредством использования информационных технологий.

Продуктивно решается проблема создания информационной базы для открытого доступа студентов и организации способов коммуникации. Для этого могут быть созданы специализированные электронные платформы, содержащие понятный и до-

Способы структурирования содержания образования

Способ структурирования	Краткая характеристика	Область применения
Линейная структура	Элементы учебного материала составляют непрерывную последовательность тесно связанных между собой звеньев. Преподаватель при структурировании содержания линейным способом должен придерживаться принципов последовательности, историзма, систематичности, доступности	Данная структура изложения материала оправдана при обучении истории, музыки, литературы, музыки и др.
Концентрическая структура	Данный вид структурирования учебного материала в отличие от предыдущего предполагает возвращение к изученному материалу. Один и тот же вопрос повторяется несколько раз, но в более расширенном формате, дополняется новыми данными, знаниями, взаимосвязями. На начальных этапах обучения даются элементарные представления, которые по мере накопления знаний и роста познавательных возможностей углубляются и расширяются	Структура широко используется при изложении физики, химии, биологии
Спиральная структура	Учащимся предлагается изучение исходной проблемы с постепенным расширением и углублением связанных с ней знаний. В отличие от предыдущего способа здесь нет перерывов в изучении одного и того же вопроса, но при этом в отличие от линейной структуры, нет и одноразовости в получении знаний	Способ структурирования материала зарекомендовал себя при изучении общественных, педагогических, психологических наук

ступный для студентов интерфейс, группы в социальных сетях, либо учебные материалы рассылаются по электронной почте.

Использование информационных технологий в формировании организационно-управленческих компетенций специалистов атомной отрасли отвечает не только современным тенденциям образовательного процесса, но и социальному заказу общества. Сегодня студенты всю необходимую учебную информацию могут найти в сети Интернет, использовать электронные версии учебников или подобрать удобный для себя формат изложения материала: видеолекция, аудиолекция или печатный текст, что значительно облегчает труд студентов. При этом не стоит ограничиваться только использованием информационных технологий в учебном процессе. В частности, весьма эффективными являются такие методы, как портфолио, проблемное изложение, проектная и научно-исследовательская деятельность, кейс-технологии, имитационные и ролевые игры и другие.

Мы полагаем, что значимость использования инновационных методов обучения в процессе формирования организационно-управленческой компетентности специалиста атомной отрасли обусловлена самой природой управленческой деятельности: управленческая деятельность носит междисциплинарный характер и затрагивает психологический, организационный, социологический, экономический, производственный аспекты. Следовательно, методы обучения будущих специалистов должны

не только транслировать знания студентам, но и способствовать формированию у студентов личностных качеств, индивидуальных нравственных установок, выработке критического мышления, активной социальной позиции, способности к самостоятельной профессиональной деятельности в будущем.

5. *Создание позитивной мотивационно-познавательной среды обучения.* Под мотивационно-образовательной средой вуза нами понимается комплекс специально организованных условий, способствующих развитию у студентов устойчивой мотивации к обучению, развитию общекультурных и профессиональных компетенций, а также потребности к саморазвитию и рефлексии.

Организационно-управленческая деятельность допускает многообразие оценок, вариантов поведения, что не соответствует логике точных технических наук, опирающейся на доказательную точность и логичность. Поэтому студенты сталкиваются с определенными трудностями при изучении управленческих дисциплин. В этих условиях возрастает потребность в организации мотивационно-образовательной среды для формирования организационно-управленческой компетентности. Мотивационно-познавательная среда обучения призвана обеспечить позитивное ценностно-мотивационное отношение студентов к процессу обучения, к формированию организационно-управленческой компетентности, в конечном итоге профессиональному становлению, в этом ее предназначение.

6. *Поэтапное формирование организационно-управленческой компетентности.* Безусловно, формирование данной компетентности должно происходить поэтапно. Невозможно формировать все составляющие данной компетентности одновременно, поскольку реализация содержания образования происходит системно, последовательно, поэтапно. Данное условие заложено природой самого процесса профессиональной подготовки.

7. *Разработка эффективного оценочно-измерительного инструментария по определению динамики продвижения исследуемой компетентности.* Важным аспектом формирования организационно-управленческой компетентности специалиста атомной отрасли является продуктивная диагностика ее сформированности у студентов. Основная цель использования оценочно-измерительного инструментария заключается в получении достоверной информации о состоянии объекта и тенденциях его развития с целью своевременной корректировки образовательного процесса.

Выводы

Создание педагогических условий формирования организационно-управленческой компетентности позволяет в образовательном процессе смоделировать специфические условия, в которых осуществляется управленческая деятельность: временные ограничения, недостаточность информации для принятия решения и ресурсов, высокая ответственность за результат, необходимость выполнения одновременно нескольких задач, противоречивость и неопределенность требований. Необходимо также учитывать высокотехнологичность производственного процесса атомной отрасли, в условиях которого осуществляется управленческая деятельность. Поэтому в процессе формирования данной компетентности у будущих специалистов атомной отрасли делается упор на педагогические условия, способствующие развитию у них

самостоятельности, предприимчивости, активности, изобретательности. Этим требованиям в полной мере отвечают выявленные педагогические условия. Результаты исследования открывают новые пути и потенциальные возможности для изучения управленческих компетенций инженерных кадров, востребованных наукоемким производством в атомной промышленности.

Список литературы

1. Советский энциклопедический словарь / Под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1985. 1599 с.
2. Корпоративная модель компетенций Госкорпорации «Росатом». URL: http://www.rosatomacademy.ru/mediafiles/u/files/documents/Model_kompetencij_Goskorporacii_Rosatom.pdf (дата обращения: 04.11.2018).
3. Попова О.В. Формирование организационно-управленческих компетенций у студентов вуза в процессе внеучебной деятельности: дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2013. 198 с.
4. Козлов А.В. Формирование управленческой компетентности у студентов физкультурных образовательных учреждений. 2009. URL: <http://mtppc.kursku.ru/documents/6/4.doc> (дата обращения: 11.11.2018).
5. Шастина А.Е. Особенности формирования управленческих компетенций инженерно-технических специалистов // Казанская наука. 2013. № 3. С. 187–192.
6. Гончаров П.Ю. Содержание управленческой компетентности курсантов военных институтов внутренних войск МВД России // Педагогический журнал. 2013. № 1–2. С. 124–132.
7. Врублевская Е.С. Индивидуализация содержания самостоятельной работы студентов как фактор развития их профессиональной компетентности: дис. ... канд. пед. наук. Челябинск, 2002. 185 с.
8. Ипполитова Н.В. Теория и практика подготовки будущих учителей к патриотическому воспитанию учащихся: дис. ... докт. пед. наук. Челябинск, 2000. 383 с.
9. Нечаева Н.Ю. Сущность и понятие организационно-управленческой компетентности специалиста атомной отрасли // Проблемы современного педагогического образования. 2017. № 57 (11). С. 69–74.
10. Ильмушкин Г.М., Нечаева Н.Ю. Сущностная характеристика управленческой компетентности студентов вуза // Международный журнал экспериментального исследования образования. 2016. № 3 (1). С. 89–91.
11. Голованова Ю.В. Модульность в образовании: методики, сущность, технологии // Молодой ученый. 2013. № 12. С. 437–442. URL: <https://moluch.ru/archive/59/8492/> (дата обращения: 05.11.2018).

УДК 371.12

ГОТОВНОСТЬ ПЕДАГОГОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ К ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ТьюТОРСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Ильясов Д.Ф., Уткина Т.В., Севрюкова А.А., Пяткова О.Б.

ГБУ ДПО «Челябинский институт переподготовки и повышения квалификации работников образования», Челябинск, e-mail: kaf.ped@mail.ru, ollya-72@mail.ru

В статье обоснована актуальность обращения к проблеме готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения школьников. Сформулирована цель статьи, состоящая в определении понятия и критериев готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся на основе исследования мнений слушателей курсов повышения квалификации о тьюторстве и анализа первоисточников, посвящённых изучению готовности специалистов к профессиональной деятельности, при этом рассмотрен также посвящённый тьютору раздел профессионального стандарта «Специалист в области воспитания». Приведены результаты констатирующего исследования мнений слушателей Челябинского института переподготовки и повышения квалификации работников образования о тьюторстве в общеобразовательной организации, показавшие затруднения респондентов в данной области. Сделан вывод о необходимости организации системной работы для подготовки учителей к реализации тьюторства в практике. На основе анализа литературы о готовности к профессиональной деятельности дано авторское определение понятия готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся. Затем сформулированы критерии, позволяющие определить уровень готовности педагогов осуществлять тьюторское сопровождение школьников: смысловой, функциональный, аналитический. Представлены уровневые характеристики проявления данных критериев. В заключение сделаны выводы, обозначены стратегии развития готовности педагогов к осуществлению тьюторского сопровождения школьников.

Ключевые слова: педагоги, тьюторское сопровождение, готовность к тьюторскому сопровождению обучающихся, критерии готовности

REEDINESS OF TEACHERS OF GENERAL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF TUTOR SUPPORT FOR SCHOOLCHILDREN

Ilyasov D.F., Utkina N.V., Sevryukova A.A., Pyatkova O.B.

Chelyabinsk Institute of Retraining and Improvement of Professional Skill of Educators, Chelyabinsk, e-mail: kaf.ped@mail.ru, ollya-72@mail.ru

The article substantiates the relevance of the appeal to the problem of readiness of teachers of general educational organizations to the implementation of tutor support for schoolchildren. The purpose of the article is formulated. It consists in defining the concept and criteria for the readiness of teachers of general education organizations to implement tutor support for schoolchildren based on researching the opinions of tutor courses and analyzing source materials about studying professional readiness for professional activities. In this contest the tutor's section of professional standard «Specialist in the field of education» is also considered. The results of the stating research of students' opinion of Chelyabinsk Institute of Retraining and Improvement of Professional Skill of Educators about tutoring in the general education organization which showed difficulties of respondents in this field are given. The conclusion is drawn about the need to organize systematic work to prepare teachers for tutoring realization in practice. The author's definition of the concept of the readiness of teachers of general educational organizations of tutor support for schoolchildren is given based on the analysis of the literature on readiness for professional activity. Then the criteria are formulated, allowing to determine the level of teachers' readiness to carry out tutor support for schoolchildren: semantic, functional, analytical. The level characteristics of the manifestation of these criteria are presented. As the result, conclusions are drawn; strategies for the development of teachers' readiness of tutor support for schoolchildren are outlined.

Keywords: teachers, tutor support, readiness for tutor support of schoolchildren, readiness criteria

Одним из современных атрибутов образования, в том числе российского, является индивидуализация. Она находит своё выражение в направленности на удовлетворение образовательных потребностей разных категорий обучающихся, среди которых одарённые школьники, дети с ограниченными возможностями здоровья, с девиантным поведением, с зависимостями, дети мигрантов и др. Об этом говорится в Федеральном Законе «Об образовании в Российской Федерации», в Федеральных госу-

дарственных образовательных стандартах общего образования, в Профессиональном стандарте «Педагог». Соответственно, учёные, педагоги-практики заняты поиском оптимальных моделей реализации идеи индивидуализации в современных общеобразовательных организациях. Позиция авторов данной статьи состоит в том, что мощным ответом на данный вызов современности является использование тьюторского сопровождения, всё более и более распространяющегося в образовательном

пространстве Российской Федерации. Значимость должности тьютора подчёркивает наличие в профессиональном стандарте «Специалист в области воспитания» отдельно выделенной обобщённой трудовой функции «Тьюторское сопровождение обучающихся» [1]. Согласно данному документу назначение тьюторского сопровождения состоит в удовлетворении индивидуальных потребностей школьников в личностном развитии; обеспечении индивидуализации образования на основе проектирования и реализации обучающимися индивидуальных образовательных программ.

Однако возникает резонный вопрос: готов ли педагогический корпус осуществлять важную миссию тьюторского сопровождения обучающихся для максимального раскрытия их потенциала? Обращение к рассмотрению готовности педагогов к реализации тьюторства неслучайно, так как в практике повышения квалификации работников образования Челябинской области авторы статьи встретились с неоднозначным отношением учителей к введению тьюторства в общеобразовательных организациях, незнанием основ теории поддержки ребёнка в реализации его стремлений, невладением технологиями помощи тьюторанту в преодолении трудностей на пути к новому.

Цель статьи: определение понятия и критериев готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся на основе исследования мнений слушателей курсов повышения квалификации о тьюторстве и анализ первоисточников, посвящённых готовности педагогов к профессиональной деятельности. Принят во внимание также посвящённый тьютору раздел профессионального стандарта «Специалист в области воспитания». Вывод данного понятия послужит основой для проектирования стратегий развития готовности педагогов к реализации тьюторства на практике.

Материалы и методы исследования

Нами было проведено констатирующее исследование, целью которого явилось изучение позиций педагогов относительно тьюторской деятельности в общеобразовательной организации. Основным методом исследования стал опросный метод – анкетирование, которое было проведено в апреле – сентябре 2018 г. В анкетировании приняли участие 467 респондентов – слушателей курсов повышения квалификации на базе Челябинского института переподготовки и повышения квалификации работников образования. Это учителя различных предметов и разных возрастных групп. Анкета включала 6 вопросов:

1. Что собой представляет тьютор?

2. Считаете ли Вы тьюторство отдельной профессией?

3. Имеете ли Вы знания, необходимые для осуществления тьюторской деятельности?

4. Владете ли Вы трудовыми действиями тьютора?

5. Какие мотивы необходимы для положительного отношения к тьюторской деятельности?

6. Хотели бы Вы повысить уровень своих компетенций в тьюторской деятельности?

Результаты исследования и их обсуждение

По итогам анкетирования педагогов получена следующая информация:

– Участники опроса посчитали, что понятие «тьютор» – это синоним понятий «наставник» (78 %) и «помощник» (22 %).

– На вопрос «Считаете ли Вы тьюторство отдельной профессией?» получены ответы, которые демонстрируют разделение мнений педагогов примерно поровну: «да» – 54 %, «нет» – 46 %.

– 69 % учителей написали, что не имеют необходимых знаний для осуществления тьюторской деятельности.

– Анкетирование также предполагало вопрос о способности педагогических работников осуществлять трудовые действия тьютора в образовательном процессе. На этот вопрос даны следующие ответы: «да» – 15 %, «нет» – 75 %, «затрудняюсь ответить» – 10 %.

– Ключевой позицией, лежащей в основе положительного отношения к тьюторской деятельности, большинство респондентов (82 %) назвали наличие у педагога практических умений к осуществлению сопровождающих различных категорий обучающихся.

– В большинстве случаев (92 %) слушатели курсов повышения квалификации высказали потребность в повышении уровня своих компетенций для осуществления тьюторской деятельности, понимая актуальность сопровождения обучающихся в образовательном процессе для достижения ими качества образования.

Результаты, полученные в ходе анкетирования, убедительно показывают, что многие педагоги имеют желание профессионального роста в области тьюторства, но наталкиваются на препятствия в практике, связанные с отсутствием знаний и умений для успешного тьюторского сопровождения школьников. Поэтому можно констатировать острую необходимость ведения системной работы по развитию готовности педагогов к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся. Данные выводы позволяют вести речь о целесообразности определения понятия «готовность педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся», которое послужит опорным пунктом в работе с учителями.

Характеристика уровней готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся

Уровни	Характеристика уровней по критериям		
	Смысловой	Функциональный	Аналитический
Высокий	Педагог полностью разделяет идеологию тьюторства, имеет психологическую установку на тьюторское сопровождение школьников. Мотивирует себя на успех в сопровождении обучающихся при построении и реализации ими индивидуальных образовательных программ (маршрутов)	Педагог хорошо разбирается в возрастной психологии и психологии личности. Способен выбрать адекватные технологии и методы тьюторского сопровождения школьников. Устанавливает эффективное педагогическое взаимодействие между всеми субъектами образовательного процесса. Умеет создать среду для раскрытия потенциала каждого школьника	Педагог имеет сформированный навык анализировать все составляющие тьюторского сопровождения обучающихся. Может выявить затруднения в собственной деятельности в этой области. Осуществляет оценку своих действий в процессе совместного с обучающимися проектирования и реализации ими индивидуальных образовательных программ (маршрутов)
Средний	Педагог разделяет идеологию тьюторства, но не имеет чёткой психологической установки на тьюторское сопровождение школьников. Демонстрирует сомнение в успехе тьюторского сопровождения обучающихся в процессе реализации ими индивидуальных образовательных программ (маршрутов)	Педагог недостаточно хорошо разбирается в возрастной психологии и психологии личности. Способен выбрать технологии и методы тьюторского сопровождения школьников с помощью других педагогов. Не всегда умеет установить эффективное педагогическое взаимодействие между всеми субъектами образовательного процесса. Не умеет создать среду для раскрытия потенциала каждого школьника	Педагог имеет частично сформированный навык анализировать все составляющие тьюторского сопровождения обучающихся. Не всегда может выявить затруднения в собственной деятельности в этой области. С трудом осуществляет оценку своих действий в процессе совместного с обучающимися проектирования и реализации индивидуальных образовательных программ (маршрутов)
Низкий	Педагог не разделяет идеологию тьюторства, не имеет психологической установки на тьюторское сопровождение школьников. Демонстрирует полное неверие в успех тьюторского сопровождения обучающихся в процессе реализации индивидуальных образовательных программ (маршрутов)	Педагог не разбирается в возрастной психологии и психологии личности. Неспособен выбрать технологии и методы тьюторского сопровождения школьников. Не умеет установить эффективное педагогическое взаимодействие между всеми субъектами образовательного процесса. Не умеет создать среду для раскрытия потенциала каждого школьника	Педагог не имеет навыка анализировать все составляющие тьюторского сопровождения обучающихся. Не может выявить затруднения в собственной деятельности в этой области. Не осуществляет оценку своих действий в процессе совместного с обучающимися проектирования и реализации ими индивидуальных образовательных программ (маршрутов)

Готовность к реализации тьюторского сопровождения является разновидностью готовности к профессиональной деятельности. Важно обратиться прежде всего к рассмотрению этого общего понятия.

Так, А.А. Деркач говорит о готовности к профессиональной деятельности как целостном проявлении всех сторон личности специалиста. Этот учёный утверждает, что понятие «профессионализма» «охватывает три стороны труда: профессиональную деятельность, профессиональное общение, личность профессионала» [2, с. 132]. Соответственно, в готовности выделяются познавательные, эмоциональные и мотивационные компоненты.

Схожие взгляды на личностно-деятельностную природу готовности професси-

ональной деятельности сформулированы Р.Д. Санжаевой. Исследователь подчёркивает в готовности психологический настрой на исполнение деятельности [3, с. 140].

А.К. Маркова также выступает сторонницей личностного подхода в раскрытии профессиональной готовности, указывая на важность формирования её компонентов: мотивационной сферы, профессионально значимых установок и ценностно-смысловой структуры специалиста [4, с. 95].

И.А. Кучерявенко приходит к выводу, что готовность к профессиональной деятельности является сложным синтезом взаимосвязанных компонентов: мотивационно-ценностного, эмоционального, когнитивного. «Центральное место занимает мотивационно-ценностный компонент» [5, с. 62].

О важности развития организаторских умений в подготовке к профессии пишет Н.В. Кузьмина. Владение данными умениями позволит освоить методы, технологии, средства, приемы, формы, техники в области организации содержания обучения профессии [6, с. 81].

Интересное определение готовности к профессиональной деятельности даёт Л.М. Бубнова: это система интегративных свойств, качеств и опыта личности, индивидуальная форма интерпретации содержания образования, обладающая признаками общей теоретической и методической готовности к профессиональной деятельности. В готовности обнаруживаются и специфические черты, это «профессиональные умения и навыки, и индивидуальный стиль их реализации, практико-ориентированный опыт деятельности, рефлексия профессиональной деятельности» [7, с. 13].

Анализ различных литературных источников, посвящённых проблеме профессиональной готовности, позволил выявить определённые позиции. Такими характеристиками выступают:

- многокомпонентность качества;
- активная природа самостоятельного проявления его когнитивных начал в профессиональной деятельности;
- яркий индивидуальный «окрас» проявления профессиональной готовности, начиная с мотивации, ценностных установок, личностных представлений, целеполагания и заканчивая рефлексией.

Вышеизложенные выводы наряду с положениями Профессионального стандарта «Специалист в области воспитания» (раздел, посвящённый тьютору) послужили ориентировочной основой для определения готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся. Это сложное качество, представляющее осознание педагогом важности осуществления тьюторской деятельности, наличие мотивации на оказание поддержки обучающимся в реализации их индивидуальных образовательных маршрутов (программ), умение выбрать на основе знания теории тьюторства и применить на практике необходимую технологию сопровождения школьников, способность осуществлять постоянную рефлексию своих действий и результатов тьюторантов для принятия адекватных решений.

Исходя из подобного понимания рассматриваемого интегративного качества педагогов общеобразовательных организаций, в исследовании авторы разработали критериально-оценочный аппарат. В качестве критериев, позволяющих определить

уровень готовности педагогов осуществлять тьюторское сопровождение школьников, предлагаются следующие: смысловой, функциональный, аналитический. В таблице описана характеристика уровней готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся.

Разработанные критерии послужат хорошей опорой педагогам для соотнесения составляющих своей готовности к тьюторскому сопровождению обучающихся с тем или иным уровнем развития этого качества.

Заключение

В качестве выводов проведённого исследования можно констатировать, во-первых, его актуальность в свете приоритета господствующей идеи индивидуализации образования. Во-вторых, анкетирование педагогов Челябинской области по вопросам тьюторского сопровождения обучающихся выявило затруднения респондентов в этой области. Результаты опроса подтвердили наше намерение заняться целенаправленной работой по подготовке учительства к ориентации на новую для российского образования должность – должность тьютора. Обращение к анализу первоисточников по проблеме готовности к профессиональной деятельности позволило определить понятие готовности педагогов общеобразовательной организации к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся. Это сложное качество, представляющее осознание педагогом важности осуществления тьюторской деятельности, наличие мотивации на оказание поддержки обучающимся в реализации их индивидуальных образовательных маршрутов (программ), умение выбрать на основе знания теории тьюторства и применить на практике необходимую технологию сопровождения школьников, способность осуществлять постоянную рефлексию своих действий и результатов тьюторантов для принятия адекватных решений. Данное понятие обладает признаками новизны и имеет теоретическую значимость. Практическую значимость представляют разработанные критерии определения уровня развития рассматриваемого в статье качества педагогов.

Дальнейшая работа будет связана с самим процессом развития готовности педагогов общеобразовательных организаций к осуществлению тьюторского сопровождения обучающихся. В этом, по мнению авторов, смогут помочь следующие стратегии:

- специальная программа профессиональной переподготовки по тьюторской деятельности в системе образования, кото-

рая восполнит пробелы учителей в понимании идеологии этого уникального процесса, поддержит педагогических работников в освоении ими технологий сопровождения обучающихся;

– обязательность проведения занятий в активной и интерактивных формах, проигрывания тьюториалов;

– инициирование и создание постоянно действующего центра консалтинга, как на уровне области (либо муниципалитета), так и в самой общеобразовательной организации;

– широкое обсуждение проблем тьюторского сопровождения в рамках круглых столов, встреч, симпозиумов.

Список литературы

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.01.2017 г. № 10н «Об утверж-

дении профессионального стандарта «Специалист в области воспитания» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_199498/ (дата обращения: 08.10.2018).

2. Акмеология / Под общ. ред. А.А. Деркача. М.: Изд-во РАГС, 2004. 299 с.

3. Санжаева Р.Д. Психологическая готовность личности к деятельности как метакатегория // Вестник Бурятского государственного университета. «Образование. Личность. Общество». 2012. № 1. С. 127–141.

4. Маркова А.К. Психология профессионализма. М.: Международный гуманитарный фонд «Знание», 1996. 312 с.

5. Кучерявенко И.А. Проблема психологической готовности к профессиональной деятельности // Молодой ученый. 2011. № 12. Т. 2. С. 60–62. URL: <https://moluch.ru/archive/35/4055/> (дата обращения: 10.10.2018).

6. Кузьмина Н.В. Педагогическая психология. СПб.: Изд-во В.А. Михайлова, 2008. 209 с.

7. Бубнова Л.М. Готовность к профессиональной деятельности в педагогике // Актуальные вопросы психологии, педагогики и образования: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции (г. Самара, 7 апреля 2015 г.). Самара, 2015. С. 12–14.

УДК 378.14

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЕТЕРМИНАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ЛИЧНОСТИ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

¹Козырев Н.А., ²Сорокин С.В., ³Козырева О.А.

¹*Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк,
e-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru;*

²*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва,
e-mail: srkn-sv@yandex.ru;*

³*Кемеровский государственный университет, Новокузнецкий филиал, Новокузнецк,
e-mail: kozireva-oa@yandex.ru*

В работе определены методологические подходы, фасилитирующие понимание важности и целостности постановки задачи детерминации и формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования. Для уточнения особенностей продуктивного исследования поставленной задачи использованы возможности традиционной педагогики (широкий, узкий и локальный смыслы детерминации понятийного аппарата), а также конструкты инновационной педагогики – адаптивно-акмепедагогический подход, функционально-трудовой подход, унифицированный подход и персонализированный подход. В детерминации понятий в традиционной и инновационной педагогике используется термин «смысл», а не термин «подход». Теоретико-методологические основы детерминации и формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования определяются в контексте детерминированных моделей понятия «патентно-техническая культура личности» и выделенной уровневой модели формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования. Построенная уровневая модель формирования патентно-технической культуры личности опирается на возможности технологии системно-педагогического моделирования, выделяет конструкты перехода от адаптивной деятельности к акмепедагогической, от репродуктивной – к продуктивной. Описаны уровни уровневой модели формирования патентно-технической культуры личности (адаптивная модель; игровая модель; проективная модель; акме-педагогическая модель; подлинно научная модель). Возможность уточнения и дополнения уровней и методологических конструктов формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования будут определены в будущем условиями развития и самоорганизации поставленной задачи, качество которой может быть сфокусировано в педагогических условиях оптимизации процесса формирования патентно-технической культуры личности.

Ключевые слова: педагогическое моделирование, педагогическое проектирование, педагогическая технология, модель, педагогические условия, патентно-техническая культура, формирование патентно-технической культуры личности, технология системно-педагогического моделирования

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DETERMINATION AND THE FORMATION OF THE PATENT-TECHNICAL CULTURE OF THE INDIVIDUAL IN THE SYSTEM OF CONTINUOUS EDUCATION

¹Kozyrev N.A., ²Sorokin S.V., ³Kozyreva O.A.

¹*Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, e-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru;*

²*National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, e-mail: srkn-sv@yandex.ru;*

³*Novokuznetsk Branch Institute of VO «Kemerovo State University», Novokuznetsk,
e-mail: kozireva-oa@yandex.ru*

The paper identifies methodological approaches that facilitate understanding of the importance and integrity of the formulation of the problem of determination and the formation of the patent-technical culture of the individual in the system of continuous education. To clarify the features of the productive research of the task, the possibilities of traditional pedagogy (broad, narrow and local meanings of determination of the conceptual apparatus) are used, as well as the constructs of innovative pedagogy – the adaptive-acme pedagogical approach, the functional-labor approach, the unified approach and the personalized approach. In the definition of concepts in traditional and innovative pedagogy, the term «meaning» is used, and not the term «approach». The theoretical and methodological foundations of determination and formation of the patent-technical culture of the individual in the system of continuous education are determined in the context of deterministic models of the concept «patent-technical culture of the personality» and the highlighted level model of the formation of the patent-technical culture of the personality in the system of continuous education. The constructed level model of the formation of the patent-technical culture of the personality is based on the capabilities of the system-pedagogical modeling technology, identifies the constructs of the transition from adaptive to acmepedagogical activity, from reproductive to productive. The levels of the level model of the formation of a patent-technical culture of a person (adaptive model; game model; projective model; acmepedagogical model; genuinely scientific model) are described. The possibility of refining and supplementing the levels and methodological constructs of the formation of the patent-technical culture of the individual in the system of continuous education will be determined in the future by the conditions for the development and self-organization of the task, the quality of which can be focused in the pedagogical conditions for optimizing the process of forming the patent-technical culture of the personality.

Keywords: pedagogical modeling, pedagogical design, pedagogical technology, model, pedagogical conditions, patent-technical culture, formation of patent-technical culture of the person, technology of system-pedagogical modeling

Теоретико-методологические основы детерминации и формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования будут определяться в системной интеграции идей развития личности через продуктивные и креативные технологии деятельности, персонифицированные и унифицированные модели оптимизации качества постановки и решения задач развития, в том числе реализации идей здоровьесбережения [1], научное [2] и научно-техническое моделирование, формирование продуктивности через технологии развития и формирования культуры деятельности, в том числе формирования культуры самостоятельной работы личности [3, 4], методологическое обеспечение инновационных процессов в образовании [5–7], патентно-технические решения задач повышения качества современного профессионального образования [8, 9], различные теории непрерывности и синергетической самоорганизации условий и возможностей развития личности и функционирования системы образования.

Цель работы: выделение теоретико-методологических основ детерминации и формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования, обоснование которых будет лежать в поле традиционной и инновационной педагогики (адаптивно-акмепедагогический подход, функционально-трудовой подход, унифицированный подход и персонифицированный подход), определяющих возможности уровневого развития и становления личности в продуктивной деятельности и патентно-техническом самовыражении и самореализации личности как продукта развития науки, образования и культуры.

Определим понятия и конструкты, непосредственно связанные с возможностями формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования.

Широкий смысл – направление детерминации и визуализации данных деятельности в макроуровневых конструктах и системах описания и решения задач, гарантирует возможность использования научного знания на максимально больших выборках и системах педагогически обусловленных данных. Узкий смысл – направление детерминации и визуализации данных деятельности в мезоуровневых конструктах, определяющих на уровне мезоструктур практику оптимального решения поставленной и уточняемой задачи педагогической деятельности; данный уровень описания дополняет макроуровневые смыслы и модели. Локальный смысл – направление детерминации и визуализации

данных деятельности в микроуровневых конструктах, определяющих на микроуровневом описании возможность ситуативного уточнения особенностей педагогической деятельности конкретного педагога, данный уровень не противоречит по получаемым результатам и теоретическим положениям двум предыдущим (макро- и мезо-).

Адаптивно-акмепедагогический подход – методологический подход, определяющий через конструкты и продукты использования адаптивных и акмепедагогических средств, методов, форм и технологий возможность реализации идей развития личности с учетом специфики нормального распределения способностей и здоровья, фасилитирующее понимание важности персонификации и унификации возможностей выбора «акме» в современном образовании и профессионально-трудовых отношений.

Функционально-трудовой подход – методологический подход, определяющий успешное решение задач выбора трудовых функций и продуктов становления личности в деятельности целостной системой самоорганизации производительности деятельности личности и образовательной организации, заключившей трудовой договор с личностью, определившей уровень достижений и реализации идей гуманизма в деятельности – основой самоорганизации в профессиональной деятельности.

Унифицированный подход – методологический подход, определяющий уникальные модели обобщенного знания конструктом самоорганизации качества всех описываемых и уточняемых в работе педагога практик.

Персонифицированный подход – методологический подход, гарантирующий личности учет всех составных развития «хочу, могу, надо, есть» в постановке и решении задач повышения качества того или иного выбора в деятельности и общении.

Патентно-техническая культура личности (широкий смысл) – система и продукт эволюции представлений современного воспитательно-образовательного и профессионально-трудового пространства о ценности и цели продуктивного решения задач создания нового научного и научно-технического знания с учетом идей соблюдения авторского права в области изобретений и рационализации, гарантирующих в целостности и последовательности использования качественные возможности самоорганизации жизнедеятельности личности и общества в иерархии идей толерантности, гуманизма, продуктивности, креативности, гибкости, законности, конкурентоспособности. В данной детерминации определяется

обобщенная формула выбора особенностей научного поиска и визуализации уровня научных решений в системности определения и описания явления.

Патентно-техническая культура личности (узкий смысл) – продукт эволюции представлений о корректном развитии внутреннего мира личности, определяющей в научно-технических трудах и патентах уровень авторского научного знания и социально-профессиональную обусловленность развития. В данной детерминации уточняется решение мезоуровневого научного поиска в выделенном выборе условий и способов иллюстрации качества заявленного явления.

Патентно-техническая культура личности (локальный смысл) – ценность продуктивного решения задач самореализации, самоактуализации, самосовершенствования, самоорганизации основ продуктивного поиска в плоскости инженерно-технического творчества и патентования инноваций и изобретений. Определение уточняет возможность на микроуровне решать детерминированные в описании задачи.

Патентно-техническая культура личности (адаптивно-акмепедагогический смысл) – механизм фасилитации и продуктивной самоактуализации личности в профессионально-трудовой деятельности, гарантирующей личности и системе социально-профессиональных институтов стимулирование активности по продуцированию научно-технических разработок на протяжении всего периода жизнедеятельности.

Патентно-техническая культура личности (функционально-трудовой смысл) – технология решения задач развития личности в системе приоритетов профессионально-трудовой деятельности, гарантирующая уровневое освоение возможностей достижения личностью высоких результатов в области научно-технического и патентного дела.

Патентно-техническая культура личности (унифицированный смысл) – способ и ресурс жизнеобеспечения общества продуктами инноваций и изобретений определенного направления профессиональной деятельности, способствует оптимизации качества акмедостижений в определенной отрасли деятельности и смежных с научно-техническими инновациями областей профессионально-трудовых отношений.

Патентно-техническая культура личности (персонифицированный смысл) – тактика и стратегия самоорганизации акмедостижений, гарантирующая личности включенность в соревновательный процесс

продуцирования инноваций в выделенной плоскости научно-технической карьеры и сотрудничества.

Формирование патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования – процесс персонифицированного, адаптивно-акмепедагогического уровневого достижения личностью результатов самоактуализации в области патентного дела и изобретательской деятельности, в единстве определяющих я-концепцию становления личности в профессионально-трудовых отношениях и системе самоорганизации качества решения профессиональных задач и проблем, противоречий и дилемм.

Уровневая модель формирования патентно-технической культуры личности – целенаправленно и персонифицированно выделенная классификация потенциальных ступеней развития личности как профессионала в иерархии продуктивного решения задач профессиональной деятельности, специфика которой иллюстрируется в патентно-технических решениях и научно-технических трактах и трудах.

Уровневая модель формирования патентно-технической культуры личности:

– адаптивная модель (возможность формирования патентно-технической культуры личности в адаптивном поиске оптимальных условий развития личности-профессионала является одной из главных и наиболее актуальных профессионально-трудовых задач; адаптивная составная профессионального становления личности является гуманистическим измерителем качества дидактического и профессионально-трудового знания и поиска наиболее удобных форм, методов, моделей, принципов, технологий включения личности в профессиональное решение задач деятельности; приспособление условий развития личности к потребностям общества и личности – сложная система и механизм оптимизации качества выделенных условий поставленной задачи; качество программно-педагогического сопровождения дидактических и интегрированных курсов может повысить качество формирования продуктивной активности личности, в том числе и качества сформированности патентно-технической культуры личности; адаптивная составная развития и становления личности может быть базовым элементом гуманизации образования и механизмом акмеверификации качества перехода от адаптивных технологий развития к адаптивно-акмепедагогическим, успешность такой работы является ценностью и задачей современного образования; патенты в адаптивной модели формирова-

ния патентно-технической культуры личности являются продуктами фасилитации включения личности молодого специалиста в процесс создания общего уровня благ и продуктивности);

– игровая модель (игра как механизм самоорганизации качества возрастосообразности способностей самореализации и самоутверждения личности) может использовать типологию интеллектуального, социального, профессионального возраста в системе детерминант и моделей формирования культуры деятельности, в такой практике формирование патентно-технической культуры личности является продуктом системно подобранных тренажеров, тренингов, системно-имитирующих и детализирующих возможность продуктивного решения задач патентования и использования изобретений в профессиональной деятельности; игра определяют условия продуктивного поиска, раскрывает перспективность развития личности, обеспечивает всесторонним обогащением внутреннего мира личности, уточняет возможности развития совокупностью конструктов самоорганизации и самовосстановления (релаксации), модификации функционирования сознания и моделей деятельности, обеспечивает повышение уровня сострадания и эмпатии, помощи и поддержки, гарантирует при правильном выборе игры и уровня возрастосообразности возможность повышения качества продуктов сотрудничества и самоактуализации личности; на уровне игрового формирования патентно-технической культуры личности способности создавать востребованные инновационно-технические и системно-деятельностные продукты определяются выделенной системой приоритетов, уточняются правилами игры и ведущим, в нашей ситуации – руководителем организации; патенты в игровой модели формирования патентно-технической культуры личности являются продуктами высокого качества функционирования системы самоорганизации развития субъектов деятельности, качества создаваемых продуктов профессиональной деятельности и управления персоналом в организации профессионально-трудовых отношений);

– проективная модель (проект включения личности в систему продуцирования продуктов авторского права, непосредственно связанных с инженерно-техническим и военно-стратегическим обновлением ресурсов профессионально-трудовых отношений и моделей сотрудничества, является одним из примеров заявленной типологии формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного

образования; качество проектного обновления всех составных частей продуктивного поиска самоорганизации качества решения задач деятельности и самовыражения может быть зафиксировано и в качестве определяемых государством и негосударственными структурами грантов; теория и практика использования проектов в развитии личности-профессионала имеет свою уровневую типологию, качество использования различных типологий и уровней использования проектов в продуктивном решении задач современной профессиональной деятельности является задачей интегрированного поиска, уточнение возможностей которой определяется на уровне психодидактики, психологии развития, акмепедагогике и акмеологии, педагогической антропологии и философии науки; патенты в проективной модели формирования патентно-технической культуры личности являются продуктами сфокусированной антропосредой и ноосферой отрасли научно-технической деятельности (например, наноиндустрия) или приоритетной деятельности, располагающей общество к пересмотру стимулирующих механизмов инновационной деятельности в отдельно выделенном проекте (например, проект «Сколково»); вся система проектного уровня является качественно функционирующей практикой решения задач продуктивного обновления научного и научно-технического знания);

– акмепедагогическая модель (акмепедагогика как отрасль педагогики, определяющая высшие достижения личности приоритетом всех проводимых и планируемых изменений, отмечает высшей ценностью функционирования системы непрерывного образования возможность включения личности в персонализированное проектирование будущего; акмепедагогика в конструктах и продуктах формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования позволяет включить личность в системное продуцирование научно-технических инноваций и изобретений; акмепедагогическая теория и практика формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования определяется надлежащим уровнем самостоятельности у личности, должным количеством и качеством патентов как продуктов развития личности и социально-профессиональных отношений);

– подлинно научная модель (наука – истинная модель самостоятельного и креативного решения задач профессиональной деятельности, гарантирует высокий уровень сформированных приоритетов развития

и гуманизма, продуктивности и креативности, самостоятельности и ответственности, конкурентоспособности и самоорганизации, самосохранения и релаксации; подлинно научная модель формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования определяет в авторских решениях личности и коллектива объективно высокие показатели инновационного обновления и пополнения копилки антропопространства и ноосферы, в таком понимании у нас появляются такие личности, как Александр Степанович Попов (изобретение радио), Ефим Алексеевич и Мирон Ефимович Черепановы (изобретение паровоза), Игорь Васильевич Курчатов («отец» атомной бомбы СССР) и др.; изобретения в подлинно научной модели формирования патентно-технической культуры личности являются продуктами с большой буквы, – это визитная карточка имени данной личности).

Выделенные уровни формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования – одно из решений поставленной задачи.

Заключение

Теоретико-методологические основы детерминации и формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования определили направление будущего научного поиска в следующих системах выбора:

– разработка программно-педагогического сопровождения уровневого формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования с мониторингом достижений и способов коррекции качества акмедостижений личности;

– разработка и уточнение составных оптимизации теории и практики формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования;

– уточнение педагогических условий оптимизации качества формирования патентно-технической культуры личности в системе непрерывного образования.

Список литературы

1. Аксенова А.Н., Комяков О.С., Шварцкопф Е.Ю. Особенности здоровьесберегающей подготовки личности обучающегося в модели непрерывного образования // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Гуманитарные и общественные науки. 2018. № 1. С. 4–9.
2. Вербицкий А.А., Трунова Е.Г. Проблемы адекватности понятийного аппарата современного образования // Педагогика. 2017. № 8. С. 3–15.
3. Козырева О.А. Культура самостоятельной работы личности в системе непрерывного образования: модели и теории: монография. М.: РУСАЙНС, 2018. 144 с.
4. Козырева О.А. Теоретико-методологические основы формирования культуры самостоятельной работы личности в системе непрерывного образования // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2018. № 4 (67). С. 114–125.
5. Леонов Н.И. Принципы и подходы в управлении научной и инновационной деятельностью (опыт исследовательского университета) // Высшее образование в России. 2011. № 11. С. 19–28.
6. Обухов В.В. Новые подходы к обеспечению эффективности профессиональной подготовки педагогов в педагогическом университете // Вестник ТГПУ. 2017. № 12 (189). С. 10–12.
7. Осмоловская И.М. Методология педагогики в контексте современного научного знания // Проблемы современного образования. 2016. № 5. С. 149–158.
8. Шурупов В.М., Козырев Н.А. Тренажер для обучения электродуговой сварке // Пат. 2447515 РФ, МПК 7 G09B19/24 / № 2011104516/12 (006345), Заявл. 08.02.2011.
9. Сибирякова Т.Б. Повышение качества профессионального образования – важное условие обеспечения социально-экономического развития России // Бизнес. Образование. Право. 2011. № 4. С. 200–203.

УДК 378.661:612.146.4:[37.01+616.314](571.53)

ИНТЕГРАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛИНИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В ФАНТОМНОЙ МОДЕЛИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ-СТОМАТОЛОГОВ НА КАФЕДРЕ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ

Кострицкий И.Ю., Губина М.И., Сусликова М.И., Мокренко Е.В.

*ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Иркутск, e-mail: smibalis2@rambler.ru*

В статье обосновано внедрение фантомной модели, симулирующей различные клинические ситуации, в процесс обучения студентов-стоматологов в условиях новых образовательных стандартов. Исследование проведено на кафедре ортопедической стоматологии ИГМУ с участием 50 студентов 4 курса стоматологического факультета, обучение которых проводилось с применением учебной фантомной модели, разработанной на базе факультетской стоматологической клиники ФГБОУ ВО ИГМУ. Целью проведенного исследования явилось определение физиологических коррелятов стресса, актуального психологического состояния, количества ошибок при выполнении практических навыков, а также уровня успеваемости у студентов, обучающихся с использованием фантомной модели. Показано, что применение симулятора различных клинических ситуаций снижает выраженность проявлений стресса (уровня артериального давления, пульса, индекса Кердо), количество ошибок при проверке усвоения практических навыков во время промежуточной аттестации, улучшает актуальное психологическое состояние и успеваемость студентов. Интеграция различных клинических ситуаций в фантомную модель соответствует современным требованиям образовательного процесса и позволяет получить конечный положительный результат в профессиональном аспекте: наработать «профессиональный стереотип», оценить усвоение мануальных навыков, повысить мотивацию к будущей профессиональной деятельности, внести положительный эмоциональный и творческий компонент при формировании личности врача стоматолога-ортопеда. Внедрение фантомной модели позволяет установить качественно новый уровень преподавания специальности и способствует повышению качества усвоения материала.

Ключевые слова: фантомная модель, мануальные навыки, инновационное обучение, стресс, учебный процесс

INTEGRATION OF VARIOUS CLINICAL SITUATIONS USING A PHANTOM MODEL FOR DENTAL STUDENTS' TRAINING AT THE DEPARTMENT OF PROSTHETIC DENTISTRY

Kostritskiy I.Yu., Gubina M.I., Suslikova M.I., Mokrenko E.V.

*FSBEI of Higher Education «Irkutsk State Medical University» Ministry of Health of Russia,
Irkutsk, e-mail: smibalis2@rambler.ru*

The article substantiates the implementation of phantom model that simulates various clinical situations in the educative process of students studying dentistry in the context of new educational standards. The research was carried out by the Department of Prosthetic Dentistry of the Irkutsk State Medical University with the involvement of 50 the 4th year students of the Faculty of Dentistry, whose training was provided using an educational phantom model developed on the basis of the Faculty Dental Clinic of the FSBEI of Higher Education ISMU. The purpose of the given research was to determine the physiological correlates of stress, the actual psychological status, error number while the implementation of practical skills as well the performance level of students studied using the phantom model. It is shown that using of the simulator of various clinical situations tends to reduce the expressiveness of such stress manifestations as blood pressure, pulse and Cerdo index as well the errors number in testing of practical skills during midterm assessment, and improves the present psychological status and students' academic progress. The integration of various clinical situations into a phantom model meets up-to-date requirements of the educational process and lets to get the final positive result in relation to the professional aspect, including the formation of a «professional stereotype», estimating of achievement of manual skills, increasing the motivation for future professional activity, bringing in positive emotional and creative component in formation students' personality as a doctor dentist-orthopedist. The implementation of phantom model allows to establish the clinical teaching at a totally new level and helps to improve the digestion quality of learning content.

Keywords: phantom model, manual skills, innovative teaching, stress, educational process

Реализация компетентного подхода в процессе подготовки будущих врачей в системе высшего медицинского образования является важнейшей задачей в условиях новых федеральных образовательных стандартов. Данный подход заключается в том, что в учебном процессе формируются компетенции, определяющие профессионализм врача стоматолога-ортопеда и его конкурентоспособность. Компетентный подход ориентирован не только на сумму усвоенной информации, но и на

формирование способности будущего врача действовать в различных клинических ситуациях [1–3]. Поэтому задачей образовательного учреждения является формирование для практического здравоохранения широкопрофильного специалиста, владеющего определенным набором знаний, умений и навыков. Введение в действие федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) по стоматологическим дисциплинам послужило основанием для пересмотра всех компонентов основных

профессиональных образовательных программ (ОПОП) и формирования учебно-методических комплексов по каждой из дисциплин [4]. С целью развития и совершенствования профессиональных навыков у студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий, например использование фантомной модели, симулирующей реальные клинические ситуации [5].

Цель исследования: определение физиологических коррелятов стресса, актуального психологического состояния, количества ошибок при выполнении практических навыков, а также уровня успеваемости студентов в процессе обучения с использованием фантомной модели.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на кафедре ортопедической стоматологии ИГМУ с участием 50 студентов 4 курса стоматологического факультета, обучение которых проводилось с применением учебной фантомной модели, разработанной на базе факультетской стоматологической клиники ФГБОУ ВО ИГМУ [6]. Фантомную модель изготавливают из комплекта искусственных или естественных зубов [7, с. 14], предварительно установленных в силиконовый оттиск с различной локализацией дефектов зубного ряда для последующего оформления гипсового цоколя. Данная модель позволяет демонстрировать обучающимся приемы препарирования твердых тканей зубов под различные виды искусственных коронок (металлические, неметаллические, комбинированные) с последующим изготовлением провизорных реставраций из композита или акрила; обучать студентов навыкам препарирования корней зубов под культевые штифтовые вкладки, изготовления стекловолоконных реставраций, препарирования зубов для мостовидных конструкций различной протяженности с различным числом опорных элементов. Позволяет освоить принципы цементной и адгезивной фиксации несъемных конструкций зубных протезов, а также овладеть методикой получения силиконовых или полиэфирных оттисков (рис. 1–3).



Рис. 1. Фантомная модель, имитирующая клиническую ситуацию частичной адентии верхней челюсти с дефектом коронки премоляра



Рис. 2. Восстановление коронковой части премоляра беззольной конструкцией культевой штифтовой вкладки после препарирования корневого канала зуба на фантомной модели верхней челюсти



Рис. 3. Припасовка и наложение отлитой из металла культевой штифтовой вкладки премоляра верхней челюсти на фантомной модели

В качестве физиологических коррелятов стресса были выбраны частота пульса и уровень артериального давления (АД) с расчетом индекса Кердо, а также был использован опросник на определение актуального состояния (по Л.В. Куликову) [8], который позволяет определить психологическое состояние в настоящий момент времени. Это связано с большей информативностью комплексных методов оценки уровня стресса по сравнению с исследованием отдельных реакций организма на стресс [8]. Определение названных показателей у студентов проводилось в спокойном состоянии вне занятий (контроль). Эти же параметры изучали у обучающихся перед манипуляциями по выполнению брифинга «Осмотр стоматологического пациента» в начале образовательного цикла до работы на фантомной модели; затем – в середине цикла обучения после работы на

фантомной модели и после того – во время проверки усвоения практических навыков при промежуточной аттестации по окончании цикла обучения. При выполнении брифинга «Осмотр стоматологического пациента» учитывалось количество ошибок при манипуляциях. Вегетативный индекс Кердо (ВИК), характеризующий вегетативный гомеостаз, рассчитывался по формуле

$$\text{ВИК} = (1 - \text{ДАД}/\text{ЧСС}) \times 100,$$

где ДАД – уровень диастолического давления в мм. рт. ст.; ЧСС – частота сердечных сокращений [8]. Для исключения половых особенностей реагирования группа исследуемых состояла из равного количества лиц женского и мужского пола. Было получено информированное согласие обучающихся для участия в исследовании.

Полученные данные обработаны статистически с помощью пакета программ «Statistica 6» с использованием непараметрических методов. Сравнение в выборках проводилось с помощью дисперсионного анализа по Фридману (p_f) для связанных групп, при $p \leq 0,05$ проводилось попарное сравнение с использованием непараметрического критерия Вилкоксона (p_w) для связанных выборок. Данные статистического анализа представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного интервала ($Q_{25}-Q_{75}$).

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе результатов исследования было выявлено, что в начале цикла обучения перед манипуляциями достоверно возрастает уровень артериального давления, частота пульса и индекс Кердо, свидетельствующие об активации симпатoadренальной системы, что характерно для стресса. Использование фантомной модели, симулирующей различные клинические ситуации, ведет к достоверному снижению этих показателей уже к середине цикла обучения. Артериальное давление, как систолическое,

так и диастолическое, а также индекс Кердо в середине цикла обучения достоверно не отличались от данных контроля. Во время проверки уровня усвоения практических навыков на промежуточной аттестации по окончании обучения уровень физиологических коррелятов стресса повышался, но достоверной разницы с контролем отмечено не было.

При применении фантомной модели во время обучения отмечалось достоверное снижение количества ошибок при выполнении брифинга «Осмотр стоматологического пациента», однако этот результат был достигнут лишь к концу обучения. Немаловажную роль в этом, по нашему мнению, играет снижение стрессорной нагрузки.

При использовании опросника на определение актуального состояния по шкале «То-АС» («тонус: высокий – низкий») у студентов в контроле значения находились в диапазоне нормы (48,4 (44,2–54,2)) баллов. При выполнении брифинга «Осмотр стоматологического пациента» в начале цикла обучения, до работы на фантомной модели, студенты набрали лишь 33,8 (27,3–38,8) баллов ($p < 0,05$). Показатели находились ниже пределов нормы. Это свидетельствует о вялости, неготовности проводить манипуляции, низкой работоспособности. По окончании обучения на фантомной модели, во время проверки усвоения практических навыков на промежуточной аттестации, значения опросника по шкале «То-АС» вновь приближались к данным контроля (45,3 (43,4–49,2)), что говорит о нормальных, стенических реакциях на возникающие трудности.

Физиологические корреляты стресса и количество ошибок в начале цикла обучения, в середине цикла обучения с использованием фантомной модели и при проведении промежуточной аттестации (Me ($Q_{25}-Q_{75}$))

Показатель	АД систолическое, мм рт. ст. (n = 50)	АД диастолическое, мм рт. ст. (n = 50)	Пульс, уд/мин (n = 50)	Индекс Кердо, баллы (n = 50)	Количество ошибок при выполнении манипуляций (n = 50)
Контроль	111 (105–118)	70 (68–76)	75 (60–82)	–2,5 (–5,3–4,2)	Не проводилось
Начало цикла обучения	126 (122–128)*	82 (78–85)*	98 (90–108)*	13,5 (10,3–19,4)*	9 (6–12)
Середина цикла обучения	115 (106–117)**	71 (68–75)**	78 (66–85)**	1,2 (–3,7–3,0)**	6 (5–8)
Промежуточная аттестация	119 (115–121)**	75 (70–80)**	85 (77–89)**	5,0 (2,1–8,2)**	2 (0–3)**/***

Примечание. n – количество исследуемых студентов; * – различия значимы ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующими показателями в контроле, ** – различия значимы ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующими показателями в начале цикла обучения, *** – различия значимы ($p < 0,05$) при сравнении с соответствующими показателями в середине цикла обучения.

По шкале «Сп-АС» («спокойствие – тревога») студенты в контроле набрали значения 52,6 (49,3–54,6). В начале обучения, до работы на фантомной модели, отмечались низкие значения в диапазоне 28,6 (24,6–34,8) баллов ($p < 0,05$), что расценивается как высокий уровень тревожности, беспокойства, неблагоприятные предчувствия. По окончании обучения на фантомной модели, симулирующей различные клинические ситуации, при промежуточной аттестации значения опросника по шкале «Сп-АС» были значительно выше (58,6 (54,8–62,4) ($p < 0,05$)), что говорит об уверенности в своих силах и возможностях.

Анализ результатов успеваемости выявил, что средний балл студентов по данным теоретического опроса и оценке усвоения мануальных навыков в группах, где обучение проводилось с использованием фантомной модели, составил 4,3–4,5 балла. В тех группах, где данная методика не применялась, средний балл находился на уровне 3,8–4,0.

Заключение

Новые образовательные стандарты требуют разработки соответствующего фонда оценочных средств для правильной оценки уровня сформированности профессиональных компетенций у будущих специалистов медицинского профиля [1, 9, 10]. Контроль и оценка результатов обучения студентов должны быть, прежде всего, объективны: позволять правильно оценивать степень овладения студентами знаниями и умениями, выявлять недостатки и успешность учебного процесса, соответствовать четко установленным критериям.

Главной целью инновационного образования становится улучшение освоения предмета, стимулирование творческого потенциала и формирование мотивации студента к постоянному углублению знаний, к освоению и совершенствованию мануальных навыков, повышению успеваемости. Одной из таких форм инновационного обучения становится использование симуляционных моделей. Симуляторы адаптируют клинические сценарии и учебную ситуацию под каждого студента с неограниченным числом повторов отработки навыков, что снижает стрессовое состояние при первых самостоятельных манипуляциях в реальных клинических условиях. Снижение уровня стресса является важной составляющей симуляционного обучения, так как доказано, что при стрессе формируется так называемая «стрессорная доминанта», влияющая на все проявления высшей нервной деятельности, в том числе память, внима-

ние [8], что характеризуется снижением концентрации произвольного внимания, уверенности в своих силах. При стрессе возрастает уровень тревожности, что подтверждает и наше исследование. Применение фантомной модели уменьшает количество ошибок при манипуляциях, усиливает практические аспекты подготовки будущих врачей при сохранении должного уровня теоретических знаний [11].

По мнению ведущих стоматологов России [12], для решения проблемы нехватки высококвалифицированных специалистов-стоматологов, владеющих современными методиками диагностики, профилактики и лечения необходимо изменить оснащение образовательного процесса современными симуляторами в пропорции 1 студент – 1 фантом.

Применение фантомной модели улучшает освоение ортопедических лечебных методик, дает возможность совершенствовать мануальные навыки, имитируя и корректируя различные клинические случаи, что в совокупности с теоретическим опросом и тестированием студентов повышает качество обучения и приближает учебный процесс к условиям реальной стоматологической практики. У студента формируется динамический стереотип, возникает уверенность в своих действиях, уменьшается страх и боязнь перед пациентом в будущем за возможные неточности и ошибки [13].

Таким образом, приоритетными условиями эффективного формирования профессиональной компетентности будущих врачей стоматологов-ортопедов являются реализация внутрипредметных и межпредметных связей, направленных на интеграцию естественнонаучных, профессиональных и специальных знаний и умений, на формирование учебного базового опыта, а также максимальное приближение учебного процесса к реальной трудовой деятельности, что успешно осуществляется при использовании разработанной нами фантомной модели для достоверной симуляции клинической лечебной работы.

Список литературы

1. Вязьмин А.Я., Подкорытов Ю.М., Ключников О.В. Компетентностный подход при подготовке молодых специалистов стоматологов // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2010. Т. 98. № 7. С. 65–67.
2. Коломиец О.М. Профессиональные компетенции преподавателя высшей школы. М.: Граница, 2014. 168 с.
3. Приказ Министерства образования и науки РФ от 09.02.2016 г. № 96 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 31.05.03 Стоматология (уровень специалитета)» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201603040033> (дата обращения 27.03.2018).

4. Вавилина А.В. Компетентностный подход в образовании // Новые образовательные стандарты высшей школы: традиции и инновации: сборник научных статей по материалам Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. Саратов, 2012. С. 24–27.
5. Михайлов Р.А., Мокренко Е.В., Алёшкин И.Г., Мокренко М.Е., Слепнев А.В. Мануальные навыки дентальной имплантации и синус-лифтинга. Разработка симуляционной методики для образовательного процесса // Наука и мир. 2017. Т. 2. № 10. С. 62–64.
6. Алёшкин И.Г., Мокренко Е.В., Михайлов Р.А., Мокренко М.Е. Симулятор для отработки навыков периапикальной хирургии // Наука и Мир. 2017. № 7. С. 71–73.
7. Ортопедическая стоматология. Фантомный курс: учебник / Под ред. Е.Н. Жулева. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2011. С. 14.
8. Щербатых Ю.В. Психология стресса и методы коррекции. СПб.: Питер, 2006. 256 с.
9. Березина В.А. Воспитание в современном вузе: новые подходы // Высшее образование сегодня. 2002. № 11. С. 6–12.
10. Кострицкий И.Ю., Губина М.И., Сусликова М.И., Мокренко Е.В., Кравцов А.А. Оценка освоения мануальных навыков у студентов по учебным дисциплинам на кафедре ортопедической стоматологии как основного компонента фонда оценочных средств в условиях новых образовательных стандартов // Система менеджмента качества: опыт и перспективы. 2016. № 5. С. 69–71.
11. Онищенко Л.Ф., Иванова О.П., Фурсик А.И., Куркина О.Н. Анализ влияния симуляционного обучения на уровень освоения практических навыков в системе подготовки врача-стоматолога с точки зрения студентов на основании социального опроса // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8–1. С. 135–139.
12. Янушевич О.О. Лекция ректора МГМСУ «Стоматология. Введение в специальность» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.msmsu.ru/university/fakultety-i-kafedry/stomatologicheskij-fakultet/informatsiya-dlya-studentov-1-i-2-kursov/vvedenie-v-spetsialnost/lektsiya-rektora-2011> (дата обращения: 27.09.2018).
13. Gubina M.I., Suslikova M.I., Kostritskiy I.Y., Kravtsov A.A., Mokrenko Y.V. Formation of dynamic stereotype and programming of professional activity in mastering manual skills during prosthodontist training // Proceedings of the 9th European Conf. on Biology and Med. Sciences (March 5, 2016). «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna, 2016. P. 112–116.

УДК 378.1:376.68

МОДЕЛИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ПРЕДМАГИСТРАНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПОДГОТОВКИ

¹Краснощеков В.В., ^{1,2}Рудь В.Ю., ¹Давыдов В.В.

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Санкт-Петербург, e-mail: victor@imop.spbstu.ru;

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», Большие Вяземы

В статье рассматриваются различные аспекты проектирования и реализации предмагистерской подготовки иностранных граждан по инженерным профилям. Предлагаемая модель предмагистерской подготовки базируется на двух основных принципах. Первый из них реализует так называемый политехнический подход, заключающийся в междисциплинарном обучении, направленном на решение инновационных задач. Вторым исходит из теории обучения на неродном языке. Предмагистерская подготовка иностранных граждан характеризуется индивидуальным подходом к будущим магистрантам. Особое внимание при ее проектировании и реализации уделяется кадровой политике в выборе преподавателей, а также перечню и содержанию учебных дисциплин. В статье демонстрируется отличие предлагаемой модели от схем традиционной программы подготовки к обучению в вузе иностранных граждан. Прежде всего, содержание нефилологических дисциплин отбирается в соответствии с содержанием дисциплин программ подготовки бакалавров. Подготовка по русскому языку также основывается на содержании программ бакалавриата. Важнейшим компонентом учебной программы является подготовка к вступительному экзамену в магистратуру. Она состоит из двух частей. Первая часть реализуется в форме консультаций по экзаменационным вопросам. При освоении второй части предмагистранты готовят и демонстрируют презентации основных результатов защищенной бакалаврской работы. Презентации проводятся при участии всех преподавателей программы предмагистерской подготовки и представителей институтов, реализующих программы магистратуры. Преподаватель, помогающий обучающимся готовить индивидуальные презентации, помимо соответствия формальным требованиям должен обладать широким научно-техническим кругозором. Кроме того, он выполняет наставнические функции, что согласуется с принципами андрагогики.

Ключевые слова: иностранные студенты, предмагистерская подготовка, индивидуализация обучения, метод презентаций, наставничество

MODELS OF TRAINING OF FOREIGN STUDENTS OF PRE-MASTER STUDY PROGRAMS IN ENGINEERING

¹Krasnoshchekov V.V., ^{1,2}Rud V.Yu., ¹Davydov V.V.

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: victor@imop.spbstu.ru;

²All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Viazemy

The article discusses various aspects of the design and implementation of pre-master training of foreign citizens in engineering profiles. The proposed pre-master training model bases on two main principles. The first of them implements the so-called «polytechnic approach», which consists in interdisciplinary training, aimed at solving innovative problems. The second comes from the theory of teaching in a non-native language. Pre-master training of foreign citizens uses an individual approach to future undergraduates. We pay particular attention in its design and implementation to personnel policy in the choice of teachers, as well as the list and content of academic disciplines. The article demonstrates the difference of the proposed model from the schemes of the traditional training program for foreign students in high school. First, we select the content of non-philological disciplines in accordance with the content of the disciplines of bachelor's programs. We also base the training in the Russian language on the content of undergraduate programs. The most important component of the curriculum is preparation for the entrance exam for the magistracy. It consists of two parts. The first part implements in the form of consultations on exam questions. During the development of the second part of the training program pre-masters prepare and demonstrate the presentations of the main results of a protected undergraduate work. Pre-masters prepare the presentations with the participating of all teachers of the pre-master's program and representatives of institutes implementing master programs. The leader teacher who helps students prepare individual presentations should have a broad scientific and technical outlook, in addition to meeting formal requirements. In addition, he performs mentoring functions, which is consistent with the principles of andragogy.

Keywords: foreign students, pre-master training, individualization of training, presentation method, mentoring

В мире наблюдается тенденция к росту числа студентов, обучающихся по программам магистратуры. Данные по России, приведенные в исследовании Высшей школы экономики, фиксируют рост численности магистрантов с 227 тыс. чел. в 2014–2015 учебном году до 330,7 тыс. чел. в 2015–2016 учебном году [1, с. 41]. Можно назвать несколько причин этого явления.

Во-первых, происходящая глобализация высшего образования направила его развитие по пути следования англо-американской модели, в которой магистратура является второй ступенью высшей школы. Поэтому страны, традиционно дававшие большую долю мирового студенческого контингента, при разделении ступеней стали демонстрировать, соответственно, и большую чис-

ленность магистрантов. К таким странам относятся, прежде всего, Россия, Китай, Германия, Франция, Италия. Во-вторых, в связи с массовизацией высшего образования [2] обучение в магистратуре стало элементом определенного престижа, статусности, подобно тому, как, например, до 1970-х гг. статусным и неповсеместным явлением являлось само получение высшего образования.

Определенная степень массовизации магистратуры поставила перед вузами ряд проблем. Рассмотрим только часть из них, связанных с тематикой настоящего исследования. Прежде всего, разделение ступеней высшего образования привело к увеличению его вариативности. Получив диплом бакалавра, выпускник имеет возможность достаточно широкого выбора как направлений подготовки магистров, так и университетов для продолжения обучения. В итоге даже при формальном соответствии профиля магистратуры предшествующей бакалаврской подготовке и ее уровень, и ее содержание могут варьироваться в зависимости от вуза, в котором предшествующее образование получено. Поэтому актуальной является проблема поиска механизмов, имеющих целью поставить абитуриентов магистратуры в относительно равные условия. В качестве решения предлагается, например, усилить профориентационную работу среди студентов, обучающихся в бакалавриате [3], или включить в программы первого года магистратуры специальные адаптационные курсы [4]. Однако анализ Web-пространства показывает, что многие университеты организуют подготовительные курсы или даже реализуют программы подготовки в магистратуру. В наибольшей степени это справедливо для ведущих вузов с конкурсным характером приема в магистратуру.

Описанные выше трудности, которые необходимо преодолеть выпускнику вуза, решившему обучаться в магистратуре в другом университете, только умножаются, если новой для абитуриента магистратуры является и страна обучения. Число обучающихся в магистратуре за рубежом значительно выросло в последние десятилетия в связи с развитием интернационализации высшей школы [5]. Для российских вузов кардинальной проблемой является также язык обучения, поскольку подавляющее число магистерских программ в нашей стране реализуются пока на русском. Таким образом, предмагистерская подготовка иностранных граждан представляет собой комплексную проблему, которая может рассматриваться в качестве вызова отечественным вузам.

Цель исследования: построение моделей обучения иностранных предмагистрантов для их подготовки по инженерному профилю. Под моделью понимается, во-первых, вариативная программа предмагистерской подготовки для групп направлений магистратуры, во-вторых методы реализации этой программы с учетом характеристик контингента, в-третьих, условия реализации программы во взаимодействии с учебными подразделениями, реализующими программы магистратуры.

Материалы и методы исследования

Для решения обозначенной проблемы был проанализирован опыт отечественных вузов в области предмагистерской подготовки иностранцев. Работы по этой тематике можно разделить на три категории. К первому типу относятся статьи общего характера, затрагивающие организационно-методические вопросы проектирования и реализации предмагистерских программ. В первую очередь следует отметить работы Томского политехнического университета (ТПУ), выполненные при участии или под руководством Н.И. Гузаровой, в которых впервые был введен сам термин «предмагистерская подготовка иностранных граждан», хотя не оформившееся терминологически понятие, разумеется, существовало и ранее. Относительно полный перечень работ с участием Н.И. Гузаровой по предмагистерской тематике приведен в статье [6]. В работах этого круга авторов была показана необходимость обособления предмагистерских программ от программ подготовки в вуз иностранных абитуриентов бакалавриата. Кроме того, была названа главная характеристика организации учебного процесса предмагистерской подготовки – «индивидуальный личностно-ориентированный подход к каждому слушателю» [7].

В работах, выполненных на базе Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ), была развита идея индивидуализации предмагистерской подготовки [8; 9]. В качестве предметной основы индивидуальной работы была предложена тематика бакалаврских работ предмагистрантов, в качестве методики – метод презентаций. Результаты этой работы были представлены на научно-методических конференциях СПбПУ с привлечением предмагистрантов в качестве выступающих. Кроме того, была подчеркнута важность предмагистерских программ, которая заключается в подготовке представителей потенциальных национальных элит [10].

Вторая группа работ, связанных с подготовкой предмагистрантов, затрагивает проблемы изучения русского языка как иностранного. В этих статьях также проводится разграничение предбакалаврской и предмагистерской подготовки с обозначением особенной дидактической сложности последней. Вклад в анализ проблем подготовки предмагистрантов по русскому языку был внесен рядом авторов, предварительные обобщения сделаны в работе В.Д. Горбенко и К.М. Чуваевой [11].

Наконец, третью группу работ по предмагистерской подготовке иностранцев составляют статьи, предметом которых является содержание и технология преподавания нефилологических дисциплин. Пи-

онерской может быть названа статья авторов СПбПУ, увидевшая свет в 2004 г., когда иностранные предмагистранты только начали появляться в российских вузах [12]. В этих немногочисленных работах подчеркивается необходимость применения методик преподавания, ориентированных на слушателей, достигших более высокой социальной зрелости по сравнению с предбакалаврами. Одним из наиболее активных авторов, работающих в этом направлении, можно назвать В.М. Ермакова. Приводим ссылку на одну из последних его работ, в которой процитированы и более ранние статьи [13].

Интерес к тематике предмагистерской подготовки иностранцев можно диагностировать также и по сайтам университетов. Общий анализ источников показывает, что, помимо ТПУ и СПбПУ, различные аспекты программ для иностранных предмагистров разрабатываются в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Казанском федеральном университете, Российском университете дружбы народов, Волгоградском государственном техническом университете, Высшей школе экономики, Воронежском государственном университете и других вузах, в которых велик контингент обучающихся по программам подготовки к освоению основных образовательных программ. Кроме того, следует отметить значительное число учебных пособий для предмагистрантов, подготовленных в ТПУ [6].

Резюмируя, можно отметить, что программы предмагистерской подготовки иностранных граждан следует отделять от программ подготовки к обучению в вузе на уровне бакалавра. Они характеризуются, во-первых, иным содержанием изучаемых дисциплин, во-вторых, индивидуализированной методикой преподавания, ориентированной, в частности, на обучение слушателей более старшего возраста.

Результаты исследования и их обсуждение

При построении модели программ предмагистерской подготовки для инженерных направлений следует принимать во внимание два обстоятельства. Во-первых, качество образования в области техники и технологии в настоящее время определяется способностью выпускника комплексно сочетать исследовательскую, проектную и предпринимательскую деятельность. Сложность подготовки иностранного предмагистранта в техническом университете связана с необходимостью соединить глубокое освоение фундаментальных знаний с овладением инженерным творчеством. Формирование профессиональной культуры выпускника осуществляется на базе владения русским языком на уровне не ниже В2 [11]. В СПбПУ развивается собственный, политехнический подход к образовательному процессу. Фундаментальной научной основой этого подхода являются мультидисциплинарные исследования. Именно такие исследования направлены на решение крупномасштабных научно-технических проблем, что подразумевает использование межотраслевых и надотраслевых

технологий, а также эффективное взаимодействие специалистов из различных областей знаний. Это приводит к межотраслевому трансферу «инвариантных» технологий, востребованному в настоящее время [14]. Таким образом, методологической основой реализации предмагистерской программы для иностранных граждан является политехнический подход, характерный для инновационных мультидисциплинарных исследований.

Во-вторых, предмагистерские программы, реализуемые и в ТПУ, и в СПбПУ, опираются на подходы, проистекающие из вычленения этих программ из программ подготовки в вуз иностранных граждан, а значит, имеют в своей основе теорию обучения на неродном языке А.И. Сурыгина [15]. Главными положениями названной теории являются необходимость учета адаптационных процессов при проектировании и внедрении педагогических технологий, а также принцип междисциплинарной координации. Последний принцип увязывает преподавание нефилологических дисциплин с уровнями овладения иностранными обучающимися русским языком. Также реализация принципа предполагает тесное взаимодействие с институтами, осуществляющими обучение по основным профессиональным образовательным программам (ОПОП) магистратуры.

Таким образом, при проектировании предмагистерской программы для инженерных направлений использовался комплексный подход, сочетающий «политехническую» парадигму с теорией обучения на неродном языке.

С учетом комплексного методологического подхода была разработана единая программа технического профиля предмагистерской подготовки. Скорректированное после ряда усовершенствований в ходе трехлетней апробации базовое распределение аудиторной нагрузки приведено в таблице.

«Требования к освоению дополнительных общеобразовательных программ, обеспечивающих подготовку иностранных граждан и лиц без гражданства к освоению профессиональных образовательных программ на русском языке», утвержденные Приказом Минобрнауки России от 3 октября 2014 г. № 1304, определяют объем аудиторной нагрузки в 1008 ч. Для предмагистрантов, прибывающих по государственной линии, это значение достигается за счет вывода дисциплины по выбору («Информационные технологии / Энергетика / Химия и биология»), подготовки к вступительному экзамену в магистратуру и 24 часов русского языка в поле факультатива.

Распределение аудиторной нагрузки предмагистерской программы по семестрам

1 семестр		2 семестр	
Дисциплины	Аудиторные часы	Дисциплины	Аудиторные часы
Русский язык	324	Русский язык	462
Математика (Введение)	48	Математика (уровень ОПОП)	42
		Спецглавы математики	42
Физика (Введение)	36	Физика (уровень ОПОП) / Информатика	42
Информатика (Введение)	18	Информационные технологии / Энергетика / Машиностроение / Химия и биология	42
Химия (введение)	18	Подготовка к экзамену	42
Итого за семестр	444	Итого за семестр	672
		Итого за год	1116

Реализация предложенной модели требует выполнения ряда условий. Педагогические условия будут обсуждены ниже при анализе характеристик модели. Главным организационным условием является обучение значительного числа предмагистрантов, достаточного для формирования полноценных академических групп. Дополнительным условием, обеспечивающим относительную рентабельность программы, является однородность контингента предмагистрантов по направлениям подготовки. Очевидно, что с повышением степени однородности контингента качество подготовки будет возрастать. Если первое условие выполнено для крупных университетов, то второе остается недостижимым и может рассматриваться лишь при построении идеализированных моделей эталонной предмагистерской подготовки.

И содержание дисциплин, и технологии преподавания математики, физики и химии описаны в соответствующей работе авторов [9]. Принципиальным в подготовке предмагистрантов является дисциплина по выбору. Выбор и содержание дисциплины согласуются с институтами, в которых слушатели будут осваивать программу магистратуры. Химия, биология преподаются слушателям, поступающим по направлению «Биотехнологии», а также по профилям «Биофизика», «Медицинская физика», «Медицинская ядерная физика», «Медицинская биотехнология», «Физика медицинских технологий», «Бионанотехнология». Элективы «Энергетика» и «Машиностроение» не нуждаются в комментариях. Предмагистерский курс «Информационные технологии» является междисциплинарным в поле направлений, связанных с компьютерными науками. Главная цель курса – помочь предмагистрантам освоить терминологический и понятийный аппарат в этой области. Как правило, к обеспечению элективов привле-

каются преподаватели институтов, где будущие магистранты будут осваивать основные программы.

Будущим магистрантам для поступления в магистратуру необходимо сдавать междисциплинарный экзамен. В экзаменационных вопросах отражен контроль владения универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями. Все вопросы к междисциплинарному экзамену выложены на сайте соответствующих обучающихся подразделений. Занятия, обозначенные как «Подготовка к экзамену», начинаются с уточнения будущих профилей магистратуры студентов. Консультации по подготовке к экзаменам проводят ответственные за иностранных студентов в институтах либо специально выделенные институтами преподаватели. Эту часть подготовки можно рассматривать как относительно простую. Единственной трудностью может оказаться недостаточный уровень владения предмагистрантами русским языком в начале второго семестра. Эта проблема может усугубиться в случае позднего заезда обучающихся. Простейший способ уменьшения затруднений в коммуникации – общение на английском языке.

Также в качестве подготовки к обучению в магистратуре можно рассматривать приглашение предмагистрантов к участию в научных семинарах и конференциях по тематике будущего обучающего института. Опыт показывает крайне низкий уровень понимания докладчиков обучающимися. Положительно можно оценить то, что факт шока имеет место в ходе освоения предмагистерской, а не магистерской программы, и обучающиеся могут реально оценить свои возможности в области русскоязычного научного общения. Таким образом, участие в конференциях носит для предмагистрантов мотивационный характер.

Вторая часть курса является значительно более сложной. Она реализуется с использованием метода презентаций. Презентационные умения имеют первостепенную важность для обучения в магистратуре – при освещении результатов научно-исследовательской работы на занятиях, семинарах и конференциях. Каждый будущий магистрант должен подготовить на русском языке небольшую презентацию, например, в системе PowerPoint. Тема презентации связана с бакалаврской выпускной работой студента, защищенной в университете за рубежом. Тема презентации тщательно анализируется и согласуется. Очень часто при подготовке презентации приходится использовать английский в качестве языка-посредника. Работа над презентацией представляет собой трудоемкий процесс. В СПбПУ используется фиксирование процесса улучшений на видео. Видео обсуждаются совместно как другими студентами, так и всеми преподавателями, участвующими в реализации предмагистерской программы. Демонстрация финальной версии презентации проходит с участием руководства и преподавателей программы предмагистерской подготовки, а также представителей обучающихся институтов. Наиболее эффективной формой представления презентаций является студенческая конференция. В СПбПУ лучшие презентации демонстрируются авторами-предмагистрантами на секционных заседаниях научно-методических конференций. Секции «Предмагистерская подготовка» и «Проблемы предмагистерской подготовки» начиная с 2015 г. объявляются в программах ежегодных научных конференций «Неделя науки СПбПУ» и «Актуальные вопросы обучения иностранных студентов». Выступления на этих секциях, ответы на вопросы участников помогают предмагистрантам адаптироваться к научному компоненту обучения в магистратуре. Ведется видеозапись выступлений, на основании которой далее на занятиях анализируются достижения и недостатки презентаций докладчиков.

Отдельную проблему представляет кадровое обеспечение программы предмагистерской подготовки. Прежде всего, преподавание контингенту с высшим образованием должно осуществляться кадрами высшей квалификации. Далее, большое значение придается выбору основного преподавателя, ведущего подготовку к экзамену в магистратуру. Этот преподаватель, во-первых, должен быть экспертом по широкому кругу научно-технических проблем. В противном случае представленные предмагистрантами презентации своих ба-

калаврских работ будут переполнены фактическими ошибками и даже курьезами. Во-вторых, как было указано выше, преподавателю необходимо владеть английским языком для повседневного и научного общения. В-третьих, этот преподаватель должен выполнять роль наставника, возможно даже коуча предмагистрантов. Такие функции преподавателя соотносятся с андрагогическим подходом к обучению, предпочтительность внедрения элементов которого определяется возрастом и степенью социальной зрелости обучающихся.

Выводы

Апробация построенной модели в СПбПУ в течение трех лет показала ее состоятельность. Все выпускники программы успешно сдали вступительные экзамены в магистратуру, хотя некоторым из них пришлось скорректировать профиль подготовки. Не более 3% магистрантов были отчислены или направлены на повторное обучение уже в ходе обучения в магистратуре. До начала реализации программы эта доля доходила до 15–20%. В то же время и перечень и содержание учебных дисциплин подвергались модификации ежегодно в течение функционирования программы [10]. Модель предмагистерской подготовки может быть рекомендована для внедрения в университетах России, реализующих подготовку иностранных граждан к освоению основных программ магистратуры на русском языке.

Список литературы

1. Образование в цифрах: 2017: краткий статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 80 с.
2. Николаева Е.М., Щелкунов М.Д. Глобальное пространство высшего образования: основные тренды и черты // Ученые записки Казанского университета. Гуманитарные науки. 2015 Т. 157. Кн. 1. С. 107–117.
3. Берестнева Е.В. Основные задачи вузовского этапа профориентации студентов // Научное обозрение. Технические науки. 2015. № 1. С. 76.
4. Гусякова Л.Г. Магистратура как уровень образовательной программы // Ученые записки Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им. Н.Г. Чернышевского. 2010. № 4. С. 40–47.
5. Кузьминых Ж.О., Красильникова Н.В., Пауэлл Г.М. Современные тенденции интернационализации высшего образования в Европе и США // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/view?id=20316> (дата обращения: 18.11.2018).
6. Гузарова Н.И., Кашкан Г.В., Владимиров Т.Л. Предмагистерская подготовка иностранных слушателей в Томском политехническом университете: опыт, проблемы, перспективы // Довузовский этап обучения в России: язык, адаптация, социум, специальность. М.: РУДН, 2017. Ч. 1. С. 233–237.
7. Гузарова Н.И., Кашкан Г.В., Шахова Н.Б. Предмагистерская подготовка иностранных граждан // Высшее образование в России. 2013. № 2. С. 84–89.

8. Краснощеков В.В., Рудь В.Ю. Опыт организации и обучения иностранных граждан по программе предмагистерской подготовки в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого // Вестник ТулГУ. Серия Современные образовательные технологии в преподавании естественнонаучных дисциплин. 2015. Вып. 14. С. 26–29.
9. Краснощеков В.В., Рудь В.Ю. Проблемы развития программ предмагистерской подготовки иностранных студентов и пути их решения // Актуальные вопросы международной деятельности. Сб. науч.-метод. трудов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. Т. 2. С. 299–308.
10. Краснощеков В.В., Новикова О.А., Сурыгин А.И. Разработка и апробация новых программ обучения для иностранных граждан // Актуальные вопросы реализации образовательных программ на подготовительных факультетах для иностранных граждан. М.: Гос. ИРЯ им. А.С. Пушкина, 2018. С. 435–442.
11. Горбенко В.Д., Чуваева К.М. К вопросу о разработке программы предмагистерской подготовки иностранных граждан в вузах России // Актуальные вопросы реализации образовательных программ на подготовительных факультетах для иностранных граждан. М.: Гос. ИРЯ им. А.С. Пушкина, 2018. С. 230–236.
12. Краснощеков В.В., Свечникова А.В. Разработка и апробация нестандартной программы для китайских студентов на уровне бакалавра // Научный вестник МГТУ ГА. Серия «Общество, экономика, образование». 2004. № 82 (6). С. 87–92.
13. Ермаков В.М. Использование методического приёма «знак опасного поворота» при изложении курса математики студентам-иностранцам, поступающим в магистратуру // Преподавание общеобразовательных предметов на русском языке в иноязычной аудитории. М.: Перо, 2016. С. 128–131.
14. Рудской А.И., Боровков А.И., Романов П.И. Анализ отечественного опыта развития инженерного образования // Высшее образование в России. 2018. № 1. С. 151–162.
15. Сурыгин А.И. Основы теории обучения на неродном языке. СПб.: Златоуст, 2000. 235 с.

УДК 37.013

МЕЖКУЛЬТУРНЫЙ ДИАЛОГ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ПОЛИЭТНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Помигуева Е.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: pomigueva@mail.ru

Эпоха глобализации бросает человечеству вызов. Активная миграция населения приводит к тому, что большинство стран мира характеризуется многонациональным составом, разнообразием языков и культур. С одной стороны, это приводит к размыванию культур, потере этнокультурной самобытности, индивидуальности. С другой стороны, возникает проблема экстремистских проявлений на почве межнациональной розни. Поэтому межкультурный диалог, по мнению многих исследователей, является единственно верным и перспективным способом мирной жизни множества различных культур в условиях современности, фактором согласования их интересов и важным условием разрешения конфликтных ситуаций. Одним из каналов межкультурного диалога сегодня становится образование, особо актуальна проблема межкультурного диалога в многонациональных вузах. Здесь создаются возможности для осуществления межкультурной коммуникации, ведущей к взаимопониманию людей к взаимообогащению различных культур. Межкультурный диалог способствует сближению обучающихся различных национальностей, вероисповеданий, выходу за рамки национальной и религиозной принадлежности, формированию общих, межкультурных интересов, традиций, образа жизни, преодолению проявлений национальной односторонности и ограниченности. Рассматриваются факторы, влияющие на межнациональные отношения, предлагаются образовательные технологии, направленные на межкультурное взаимодействие в поликультурных вузах, приводится опыт одного из вузов страны.

Ключевые слова: межкультурный диалог, поликультурное образование, культура, толерантность

CROSS-CULTURAL DIALOGUE IN THE CONDITIONS OF MODERN POLYETHNIC EDUCATION

Pomigueva E.A.

Southern federal university, Taganrog, e-mail: pomigueva@mail.ru

The era of globalization throws down to mankind a challenge. Active population shift leads to that the majority of the countries of the world is characterized by multinational structure, a variety of languages and cultures. On the one hand, it leads to washing out of cultures, loss of ethnocultural originality, identity. On the other hand, there is a problem of extremist manifestations because of ethnic strife. Therefore cross-cultural dialogue, according to many researchers, is only a certain and perspective way of peaceful life of a set of various cultures in the conditions of the present, a factor of coordination of their interests and an important condition of permission of conflict situations. Education becomes one of channels of cross-cultural dialogue today, the problem of cross-cultural dialogue in multinational higher education institutions is especially actual. Here opportunities for implementation of the cross-cultural communication conducting to mutual understanding of people to mutual enrichment of various cultures are created. Cross-cultural dialogue promotes rapprochement of the trained various nationalities, religions, an exit for a framework of national and religious identity, to formation of the common, cross-cultural interests, traditions, a way of life, overcoming of manifestations of a national unilaterality and limitation. The factors influencing the international relations are considered, the educational technologies directed on cross-cultural interaction in polycultural higher education institutions are offered, experience of one of polycultural higher education institutions of the country is given.

Keywords: cross-cultural dialogue, polycultural education, culture, tolerance

Современное этническое состояние России формируется веками, а в условиях глобализации и активной миграции процесс национального смешения только усиливается, и население большинства субъектов Федерации становится многонациональным. Безусловно, остро стоит проблема утраты национальной неповторимости, возрождения самобытной культуры, устоев, идеационности, почтительного отношения к родному языку, но сохранить национальную культуру можно, только уважая традиции других народов.

Образование сегодня дает возможность реализации духовных и материальных потребностей полиэтничного

и многоконфессионального мира, и состав студенчества в целом отражает социальную и национальную структуру общества, особое место в студенческом объединении занимают иностранные студенты, и, согласно Государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2018–2025 гг., к 2020 г. количество иностранных студентов, проходящих обучение в России, должно вырасти до 127,8 тыс. чел., а число иностранных участников крупных массовых мероприятий, популяризирующих русский язык, образование, культуру России, должно достичь 58 125 чел. [1]. В таких многонациональных коллективах значимость межкультурного диалога труд-

но переоценить, и поэтому актуальность исследования не вызывает сомнения.

Цель исследования: выявление специфики межкультурного диалога в условиях многонационального образования. Поставленная цель обусловила решение следующих задач: установить факторы, влияющие на развитие межнациональных отношений, определить образовательные технологии, используемые в поликультурных вузах.

Выводы и материалы исследования могут найти применение в разработке моделей межкультурного взаимодействия, а также в разработке специальных и общепрофессиональных учебных курсов.

Материалы и методы исследования

Термин «диалог культур» впервые применяется в трудах нашего соотечественника М.М. Бахтина и трактуется им как творческое интерпретирование субъектом культурных традиций, закрепленных в текстах культуры, иными словами, опосредованная связь индивида с культурным прошлым. Мыслитель считает, что различные возможности личности могут реализоваться только лишь в условиях интенсивной коммуникации [2; с. 160], поскольку раскрытие и понимание «другого» возможно исключительно в ходе диалога, сотрудничества.

Впоследствии теория о диалоге культур развивается в работах В.С. Библера, А.А. Гусейнова, М.С. Кагана, В.А. Лекторского, Ю.М. Лотмана, В.С. Степина и др. В большинстве исследований диалог культур интерпретируется как сложноорганизованный социокультурный феномен, способ цивилизованного сосуществования, разрешения противоречий, сущностными характеристиками которого являются межсубъектность, многоэтапность, имманентная установка на равенство, партнерство и направленность на «другого» как на некую самобытную реальность.

О полезности инокультурных влияний говорится в работах И. Гердера, но ученый отмечает, что происходящие при этом изменения в принимающей культуре ни в коем случае не должны затрагивать ее «ядра» [3; с. 317]. Поскольку неконтролируемые механические заимствования грозят утратой ряда признаков индивидуальности и самобытности культуры-реципиента, потерей определенных исконных традиций.

Большое значение для выявления специфики изучаемого феномена имеют исследования, посвященные межкультурному взаимодействию (Дж. Бхагвати, Дж. Бентли, У. Ганнерс, С. Хантингтон и др.) и механизмам межкультурного обмена духовными и материальными ценностями (Г.А. Аванесова, С.А. Арутюнов, Н.К. Иконникова и др.), определению места диалога культур в глобализационном процессе (А.А. Ашхамахова, С.Л. Бурмистров, А.А. Гусейнов, М.С. Каган и др.) и в системе образования (А.П. Садохин, И.И. Халеева, С.Г. Тер-Минасова). Межкультурное взаимодействие, по мнению многих исследователей, является единственно верным и перспективным способом мирной жизни множества различных культур в условиях современности, фактором согласования их интересов и важным условием разрешения конфликтных ситуаций.

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 бакалавриата и специалитета (в том числе иностранных студентов) технических направлений. В анкетировании приняли участие 50 человек (из них 8 – студенты из дальнего зарубежья (Эквадор, Судан, Индия), 12 – представители бывших союзных республик, 30 – граждане России). В ходе интервьюирования были предложены вопросы как закрытого типа (респонденты должны выбрать из предложенных варианты), так и открытого (должны были предложить свой вариант ответа). Цель анкетирования заключалась в выявлении отношения студентов к обучению в многонациональном коллективе, особенностей адаптации иностранных студентов к реалиям современной России, определению факторов, влияющих на формирование межнациональных отношений, и образовательных технологий, способствующих межкультурному диалогу. Результаты анкетирования обучающихся показали, что большинство опрошенных доброжелательно относятся к представителям других культур и к совместному обучению (22% – отлично/замечательно/очень хорошо; 47% – хорошо/положительно/нормально (причем в группах, где обучаются студенты-иностранцы, ответов «отлично» было гораздо больше, чем в группах, где иностранных студентов нет), 25% респондентов проявили нейтральное отношение; были и те, кто остался безразличен к данному вопросу (6%), негативной оценки среди опрошиваемых не дал никто. В ряду факторов, которые осложняют межкультурный диалог, прежде всего, опрошиваемые выделили языковой барьер, недостаточные знания об особенностях культуры других народов, религиозные убеждения. По мнению студентов, важнейшую роль в установлении контакта с представителями «иных» народов играют совместные спортивные, культмассовые мероприятия в неформальной обстановке, «круглые столы», игры, общая волонтерская деятельность.

Результаты исследования и их обсуждение

Безусловно, студенты XXI в. отличаются от своих предшественников. Они в большинстве своем более мобильны, с легкостью используют возможности интернета и других информационно-коммуникационных технологий. Молодые люди сегодня прагматичны, менее политизированы и уже адаптированы к экономическим отношениям. Что касается иностранных студентов, то им уже не нужно месяцами ждать писем с родины, они в любой момент могут связаться с семьей или друзьями, да и в целом процесс их интеграции проходит быстрее [4].

В ходе межкультурного диалога следует помнить о ряде факторов, существенно влияющих на развитие межнациональных отношений: языковом, бытовом, религиозном, аксиологическом, социокультурном, гражданско-правовом, коммуникативном.

Первая проблема, препятствующая межкультурному диалогу, с которой сталкиваются иностранные студенты, – это языковой барьер. Если для представителей бывших союзных республик такой проблемы нет, то иностранные студенты часто не готовы к быстрому погружению в новую языковую среду. Иногда простой механический перевод с одного языка на другой вызывает трудности из-за отличий в структуре разных языков.

Кроме того, нужно помнить о том, что у различных народов существуют характерные жестовые коды и специфическое отношение к использованию пространства, даже в удовлетворении самых примитивных жизненных потребностей: в процессах приема пищи, ее количества, поведения за столом, привычках одеваться и вести домашнее хозяйство существуют значительные отличия.

Процесс познания своеобразия традиций, бытовых особенностей «другой» культуры способствует большему пониманию студентами друг друга, и то, какие содержательные идеи и ценности мы закладываем в образовательные программы, влияет на возможность бесконфликтной интеграции в мировое сообщество и позволяет при этом оставаться представителем своей национальной культуры. Педагогам при этом очень важно найти общие черты разных народов, а «не навязывать обучаемым представления о значимости культурных достижений «других» в ущерб национальным традициям» [5, с. 63–70].

Причем необходимо постоянное подкрепление теоретических знаний обыденно-практическими навыками общения, решения общих вопросов, достижения общих целей, профилактики межэтнических конфликтов, оценивания особенностей межнациональных отношений, развития способности к критическому самоанализу.

Поэтому полиэтническое образование должно формировать у студентов запас знаний об отличительных свойствах мультикультурного мирового пространства и значении достояния интернациональной культуры в воспитании всесторонне развитой личности; развивать толерантное отношение к «другим», обеспечивать атмосферу взаимопонимания дружеских отношений, правопорядка [6, 7].

Л.М. Козина выделяет в процессе обучения в рамках межкультурного диалога три этапа: когнитивно-рефлексивный, выявляющий существующие знания в какой-то области и активизирующий имеющийся опыт по решению сопутствующих проблем, рефлексивно-интерпретативный – этап

осуществления интерпретации полученных знаний, приобретения нового опыта и деятельностно-бытийный этап, способствующий осознанию учащимися пользы межкультурного диалога для будущей профессиональной деятельности и выстраивания взаимоотношений [8].

Каждому этапу свойственны свои педагогические технологии, и на каждом из них очень важно учитывать особенности той или иной культуры, поскольку представители различных этносов по-разному ведут себя в одной и той же ситуации. Существует немало примеров курьезных ситуаций, в которые попадают люди, не знающие национальной специфики жестов, мимики, окулистики, такесики и т.д. Нужно помнить, например, что в западных культурах ценится «прямой взгляд» и «сильное рукопожатие», а, скажем, женщины азиатских стран, как правило, не смотрят в глаза мужчинам и сильные и долгие рукопожатия в Азии не приветствуются; типичная улыбчивость японцев может вовсе не означать радости и симпатии, а быть признаком смущения и неуверенности; на тайцев и арабов, сидя, нельзя направлять подошву ботинок, они сочтут это оскорблением и т.д. Для успешной коммуникации необходимо учитывать также и отношение ко времени (опозданиям), к скорости и манере речи, высоте и громкости голоса, к экстралингвистическим способам общения: кашлю, вздохам, смеху, плачу и даже молчанию.

На каждом этапе важно уделять время тому, чтобы обучающиеся могли поделиться своими чувствами, соображениями, впечатлениями, причем каждый студент должен сформулировать свою точку зрения, а не просто присоединиться к мнению остальных.

Следовательно, образование в рамках межкультурного диалога должно использовать технологии, которые направлены на выработку знания отличительных черт культур различных этносов, свойственной им неповторимости, уникальности; формирование корректных взаимоотношений с членами иных культурных сообществ, толерантного восприятия общественных и этнических различий; формирование заинтересованности в изучении особенностей истории, культуры, традиций, национальной самосознания других народов; приобретение опыта использования этих знаний для оценивания проявлений современного социума; приобретение навыков межкультурного общения; тактичное и аккуратное отношение к мировому достоянию и культурному наследию.

В ходе учебного процесса должны использоваться публичные выступления. К примеру, в Южном федеральном университете для того, чтобы помочь иностранным студентам адаптироваться, регулярно проводят литературные чтения. В 2017 г. обучающиеся из разных стран декламировали произведения А.С. Пушкина на своих родных языках. Лирика поэта звучала на вьетнамском, арабском, испанском, болгарском, туркменском, французском и других языках. По мнению организаторов чтений, поэзию знаменитого классика понимают все. Для иностранных студентов это мероприятие стало замечательной возможностью проникнуться духом страны, в которую они приехали учиться, больше понять менталитет российских одноклассников. Для студентов из России – это шанс взглянуть на свою культуру «другими глазами», через призму иного мировоззрения. В 2018 в рамках мероприятия «Литературное многоголосие» студенты из России, Эквадора, Колумбии, Судана, Йемена и других стран знакомили друг друга с поэзией своей Родины: читали произведения любимых авторов-классиков.

Кроме того, важна возможность диалога: необходимо создавать условия, в которых студент-иностранец не только мог бы высказаться, но и был бы услышан, получил бы отклик на свои идеи. Этому могут способствовать различного рода олимпиады и викторины, например: «Добро пожаловать в Россию», «Что я знаю о Родине А.П. Чехова» и т.п.

Помогут снять эмоциональное напряжение, наглядно показать особенности культуры той или иной страны элементы деловой игры или подвижных национальных игр, различные тренинги, позволяющие нивелировать агрессию, вызванную сложившимися стереотипами восприятия «других».

К примеру, известная всем игра «Угадай, кто ты» может помочь в непринужденной форме акцентировать особенности того или иного народа. Группа садится по кругу, перед каждым обучающимся табличка, на которой написана та или иная национальность (француз, англичанин, русский, немец и т.д.). Задавая наводящие вопросы другим игрокам, на которые можно ответить только «да» или «нет» (например: я гостеприимный? Я пунктуальный? Я щедрый? Я педантичный? И т.п.), необходимо отгадать, что написано на табличке. С одной стороны, подобный тренинг дает возможность представителям разных народов лучше узнать друг друга. С другой, акцентирует внимание на тех предрассудках, стереотипах, которые заложены в сознании многих.

Игры народов мира, отражающие их культуру и самобытность, позволяют лучше понять и по-новому взглянуть на другие этносы. У большинства игр интересная история возникновения, они многое могут сказать о народе, причем у одних преобладают логические игры, у других командные подвижные. Игра – это то, что нас объединяет, интересно, что у многих народов встречаются похожие игры, но с разными названиями: «Колабаса» (Перу) и «Аисты и лягушки» (Япония), «Квинта» (Литва), «Один в кругу» (Венгрия) и «Вышибалы» (Россия), «Большая кошка» (Бразилия) и «Пятнашки» (Россия). Причем нужно помнить, что некоторые народности очень трепетно относятся к личному пространству и не приемлют прикосновений посторонних людей не только к себе, но и к своим вещам, поэтому игры, в которых необходимо дотрагиваться к частям тела соседей по кругу («Лавата», «Мы с тобой одна семья») могут быть использованы не всегда.

Особое значение межкультурный диалог имеет в поликультурном вузе, каким является Южный федеральный университет (ЮФУ). Помимо российских студентов, в том числе и из автономных республик (Калмыкия, Дагестан, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия и др.) здесь обучаются представители стран СНГ и других иностранных государств (Йемена, Вьетнама, ЮАР, Китая, Латинской Америки, Судана и др., с 1948 г. подготовлено более 6500 специалистов из 118 стран). ЮФУ был и остается островком взаимопонимания между людьми разных национальностей, религий, убеждений: многие годы обучающиеся и работники университета пребывают в условиях взаимного уважения, этому способствует и организация процесса обучения (дискуссии, межгрупповая коммуникация, социально-проективная деятельность), и проведение спортивных, развлекательных массовых мероприятий, полноценный досуг, и устройство быта и охраны здоровья, и формирование условий для соблюдения культурных традиций, разрушение сложившихся культурных и национальных стереотипов, препятствование распространению ксенофобии, поддержка права на этническое, религиозное и социальное самоопределение.

Заключение

Современное общество формируется под влиянием таких мировых процессов, как глобализация и интернационализация жизненного уклада, с одной стороны, и стремление этносов к собственной идентичности, обострение националистиче-

ских настроений, с другой. В связи с этим в большей степени значимость приобретает поиск новых возможностей мирного сосуществования различных культур мира.

Межкультурный диалог, безусловно, направлен на сближение людей разных культур, религий, создание единых кросскультурных традиций, способа существования, искоренение проявлений этнической нетерпимости, эгоцентричности и ограниченности, поэтому и значимость поликультурного образования переоценить трудно. Ориентированное на установление дружественных отношений между представителями народов мира, взаимоуважение и единомышленность, тактичное и заботливое отношение к культурному наследию собственной страны и всего мира в целом, постижение особенностей национальных традиций, общественных и религиозных отличий и, как следствие, осознание собственных культурных ценностей, оно становится значимой частью современного образовательного пространства.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2017 года № 1642 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» (с изменениями на 04.10.2018 года). URL: <http://government.ru/docs/all/115042/> (дата обращения: 15.11.2018).
2. Бахтин М.М. Проблемы творчества Достоевского. Киев, 1994. 511 с.
3. Гердер И.Г. Идеи к философии истории человечества. М., 1977. 703 с.
4. Марюкова Л.А. Адаптация иностранных студентов в российском вузе // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. № 116. С. 119–125.
5. Артюхович Ю.В. Обучение толерантности: аксиологический подход // Культура мира на современном этапе: материалы Республиканской научно-практической конференции. Уфа: Вагант, 2011. С. 63–70.
6. Помигуева Е.А. «Воспитание межкультурной толерантности как условие профилактики экстремизма в студенческой среде» // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12–9. С. 1695–1697.
7. Погукаева А.В., Коберник Л.Н., Омелянчук Е.Л. Адаптация иностранных студентов в российском вузе // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24651> (дата обращения: 21.11.2018).
8. Козина Л.М. Педагогические средства воспитания поликультурности: межкультурный диалог // Инновационные проекты и программы в образовании. 2015. № 2. С. 36–40.

УДК 378.1:792.071

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РИТОРИЧЕСКИХ НАВЫКОВ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АКТЕРСКОЕ ИСКУССТВО»**Цараева Л.А.***ФГОУ ВПО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова»,
Владикавказ, e-mail: ms.tsaraeva@mail.ru*

Настоящая статья посвящена вопросу организации методической системы, направленной на совершенствование речевых навыков студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство», в ходе изучения дисциплины «Русский язык и культура речи». Методически продуманная система упражнений ставит своей целью сделать продуцирование студентами текстов различной целевой направленности: информационных, протоколно-этикетных, агитационных и т.п. теоретически грамотным и практически незатруднительным. Для студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство», это умение приобретает особую значимость, поскольку специфика их будущей профессиональной деятельности напрямую связана с речепорождением и речепродуцированием, выступлением перед большой аудиторией. Предлагаемая методическая система построена с учетом всех трудностей, могущих возникнуть перед оратором: чувство неуверенности и страха перед выступлением, отсутствие или плохой контакт с аудиторией (залом), боязнь вопросов со стороны аудитории и др. – и содержит в себе пути и методы практического выхода оратора из проблем. Методическая система содержит упражнения, направленные на изучение и закрепление приемов привлечения внимания аудитории во вступительной части публичного выступления, создание действенного заключения и отработку навыков эффективной аргументации, что позволит оратору в конечном итоге построить высокоорганизованное публичное выступление.

Ключевые слова: риторические навыки, риторический канон, публичное выступление**IMPROVING THE RHETORICAL SKILLS OF STUDENTS TAKING CLASSES OF «THE PERFORMING ARTS» MAJOR****Tsaraeva L.A.***North-Ossetian State University n.a. K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: ms.tsaraeva@mail.ru*

This article is devoted to a methodical system organization that is focused on improving the skills of speech of the students taking a class of «Russian language and culture of speech», the major of «Acting». The goal of this methodically thought-through system of tasks is to provide students with contexts of a different target orientation, including informational, protocol-etiquette, agitation, etc.; so it's theoretically correct and less complicated. For those studying the major of «Acting», this skill becomes exceptional, as the specific of their future profession is directly related to speech generation and speech production, performing in front of a large audience. Suggested system contains the ways and methods of a practical solution. It is built in consideration of all the difficulties that might be experienced by speaker: a feeling of uncertainty and anxiety before the performance starts, an absence or poor connection with the audience, a fear of being questioned by the audience, etc. The methodological system consists of exercises assigned to study and consolidate the methods of catching audience's attention in the introductory part of public performance, creating a productive conclusion and practicing the skills of effective argumentation, which will allow the speaker to ultimately build a highly organized public speech.

Keywords: rhetorical skills, rhetorical canon, public speaking

Студент, овладевший основами таких дисциплин, как «Русский язык и культура речи», «Культура речи», «Риторика», «Педагогическая риторика», «Речевая коммуникация», входящих в перечень языковых дисциплин на языковых и неязыковых факультетах высших учебных заведений, должен прежде всего овладеть навыками построения высказывания в форме завершенного произведения речи, адресованного определенной аудитории. Для студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство», это умение приобретает особую значимость, поскольку специфика их будущей профессиональной деятельности напрямую связана с умением строить монологическую речь [1], с речепорождением и речепродуцированием, выступлением перед большой аудиторией. В связи с этим вероятность того,

что выпускники этого отделения в своей будущей профессиональной деятельности столкнутся с проблемами, возникающими перед каждым человеком, чья деятельность так или иначе связана с публичными выступлениями, чрезвычайно высока. Это такие проблемы, как чувство неуверенности и страха перед выступлением, отсутствие или плохой контакт с аудиторией (залом), боязнь вопросов со стороны аудитории и т.п. И, конечно, основная трудность – это подготовка непосредственно текста самого выступления. В необходимости совершенствования риторических навыков студентов такой творческой специальности, как «Актерское искусство», предполагающей активное речевое взаимодействие, не приходится сомневаться, что обуславливает актуальность нашего исследования.

Целью нашего исследования является разработка основ методической системы, созданной с учетом всех проблем и трудностей, возникающих и потенциально могущих возникнуть перед студентами – выпускниками отделения «Актерское искусство» в их будущей профессиональной деятельности в сфере речепорождения и речепродуцирования.

Материалами исследования послужили труды российских авторов по вопросам риторики и ораторского мастерства, нормативные документы, а также результаты сравнительно-сопоставительного анализа продуктов речевой деятельности студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство», и студентов других направлений Северо-Осетинского государственного университета, полученных в ходе изучения таких языковых дисциплин, как «Русский язык и культура речи» и «Риторика».

Теоретико-методологической основой исследования являются структурно-функциональный, эмпирический, деятельностный методы, а также методы изучения практического опыта преподавателей, опроса (анкетирование, беседы), диагностические методы (тестирование).

Специфика учебного плана дисциплины «Русский язык и культура речи» предполагает возможность самостоятельного регулирования преподавателем распределения учебного времени на изучение таких разделов дисциплины, как «Нормативность речи», «Коммуникативные качества речи», «Функциональные стили речи» и «Основы ораторского мастерства». Безусловно, в ходе изучения всех разделов преподавателем делается акцент на совершенствовании речевых навыков студентов при осуществлении ими звучащей речи, что проявляется в методически продуманной системе упражнений, направленной на продуцирование студентами текстов различной целевой направленности: информационных, протокольно-этикетных, агитационных, пропагандистских и т.п. Однако в большей мере такая работа предусмотрена при изучении учебного раздела «Основы ораторского мастерства».

Разделы разработанной нами методической системы соответствуют этапам так называемого риторического канона, автором которого является Марк Туллий Цицерон. Согласно риторическому канону речь на своем пути от мысли к слову проходит пять этапов [2]. Риторический канон – это система правил, соблюдая которые можно создать речевое произведение, последовательно отвечая на вопросы Что сказать? В какой последовательности сказать? Какими словами сказать?

Риторический канон включает следующие этапы.

1. Инвенция (лат. *inventio*) – это «изобретение» речи. Это этап, на котором необходимо продумать содержание речи.

2. Диспозиция (лат. *dispositio*) – это «расположение» изобретенного. Это этап, на котором продумывается структура, композиция речи.

3. Элокуция (лат. *elocutio*) – это этап, на котором продумывается словесное оформление речи, украшение ее. На этом этапе оратор насыщает свою речь образительно-выразительными средствами.

4. Меморио (лат. *memorio*) – запоминание речи, умелое использование приемов, помогающих запомнить подготовленный материал для публичной речи.

5. Акцио (лат. *actio*) – само произнесение речи, этап, теснейшим образом связанный с техникой речи и жестами, мимикой и позой оратора в процессе произнесения речи.

На первом этапе предлагаемой методической системы, который мы также, вслед за классической риторикой, будем называть инвенцией, выступающий должен определиться с темой предстоящего выступления, выбор которой должен зависеть в первую очередь от личного опыта оратора и его личных знаний по этому вопросу. Безусловно, учитывая молодую возраст оратора и круг интересов, свойственных данной возрастной группе, тематика выступлений должна носить молодежный характер и группироваться вокруг таких тематических центров, как «Образование», «Спорт», «Здоровый образ жизни» и т.п. Здесь особую значимость приобретает такой аспект, как учет особенностей аудитории.

В качестве упражнения на определение актуальности предстоящего выступления студентам предлагаются упражнения следующих типов:

1. Выберите из предложенных общих проблем такие, которые могут быть актуальны для молодежной – взрослой аудитории. Обоснуйте актуальность выбранной темы для данной аудитории.

Перечень предлагаемых тем: «Здоровье», «Спорт», «Здоровое питание», «Уровень медицины», «Политика», «Кино», «Компьютерные технологии», «Образование», «Военная служба», «Путешествия», «Литература», «Искусство», «Экстрим», «Профилактика заболеваний, передающихся половым путем», «Наркомания», «Пенсионные накопления».

2. Выберите из предложенных общих проблем такие, которые могут быть актуальны для женской – мужской аудитории. Обоснуйте актуальность выбранной темы для данной аудитории.

Перечень предлагаемых тем: «Политика», «Кулинария», «Охота и рыбалка», «Воспитание детей», «Культура и искусство», «Растениеводство», «Индустрия красоты», «Ремонт дома», «Автомобили», «Профилактика нежелательной беременности».

Когда тема выбрана, очень важным является выбор названия для публичного выступления, поскольку правильно выбранное название очень важно в плане возбуждения интереса у слушателей к предстоящему выступлению. Оно должно быть четким, ясным, по возможности кратким; следует осторожно относиться к иностранным словам и терминологии в названии, поскольку непонятное слово может не привлечь, а, наоборот, отпугнуть слушателей. И тут также необходимо учитывать особенности аудитории: слушатели с высоким уровнем интеллекта, например ученые, отнесутся к терминам спокойно, а у аудитории, не имеющей отношения к научной сфере, они вызовут лишь отторжение.

Важно донести до студентов мысль о том, что и слишком общая, неконкретная формулировка проблемы может в конечном итоге вызвать недовольство у слушателей, поскольку они, возможно, не получают ожидаемые ответы на свои вопросы. В качестве упражнений на выработку умений выбрать правильное, интригующее название для выступления нами предлагаются следующие упражнения:

1. Выбрать из предложенных названий наиболее подходящее для предстоящего выступления на определенную тему.

2. Выбрать из двух предложенных названий наиболее подходящее для данного выступления. Обосновать свой выбор.

3. Предложите свой вариант заглавия для будущего выступления по предложенной проблеме.

На следующем этапе подготовки публичного выступления, который мы в соответствии с риторическим каноном называем диспозицией, со студентами ведется работа, направленная на формирование умений и навыков составления плана предстоящего публичного выступления, работа над композицией речи. Структура публичного выступления строится по традиционной трехчастной структуре: вступление, основная часть, заключение. В нашей методической системе предусмотрена работа на формирование умений и навыков относительно построения каждой из этих составных частей.

В ходе работы над вступлением значительное место отводится изучению понятий зачина и завязки. Как утверждает И.А. Стернин, цель зачина – подготовить аудиторию к восприятию, заставить слушать, привлечь внимание, а цель завязки – объяснить тезис

предстоящего выступления, заинтриговать постановкой проблемы, показать актуальность обсуждаемого вопроса [3].

Значительное место в нашей методической системе отводится работе по изучению приемов привлечения внимания аудитории и выработке навыков их применения. Как эффективные зарекомендовали себя следующие приемы привлечения внимания аудитории во вступлении:

- Апелляция к событию, времени, месту;
- Возбуждение любопытства, приведение парадокса;
- Обращение к борьбе, конфликту, историческому эпизоду;
- Демонстрация какого-либо предмета;
- Рассказ о себе, своем личном опыте;
- Цитирование знакомого или знаменитости;
- Ссылка на общеизвестный и общедоступный источник информации;
- Риторический вопрос.

В ходе практических занятий на конкретных примерах анализируется эффективность каждого из этих приемов привлечения внимания применительно к разным типам аудитории. В ходе деятельности преподавателя по выработке данных умений и навыков студентами выполняются следующие виды заданий:

1. Выбрать для каждой из нескольких предложенных тем наиболее эффективный прием захвата внимания.

2. Предложить для одной темы несколько вариантов захвата внимания. Так, например, при подготовке выступления о вреде курения предлагается задание подготовить вступление для аудиторий разных типов: для молодежной смешанной аудитории, для женской аудитории, для взрослой аудитории и для интеллектуально подготовленной аудитории. Студенты аргументируют свой выбор, обосновывая преимущества того или иного вступления в данной конкретной аудитории.

При изучении целей, способов и приемов аргументации – процесса приведения доказательств в основной части публичного выступления – как один из наиболее эффективных приемов обучения зарекомендовало себя задание подготовить аргументы в защиту двух совершенно противоположных тезисов. Например, мы предлагаем задание для одного и того же студента построить аргументацию сначала в защиту тезиса «Тату – это красиво», а затем в поддержку тезиса «Тату – это безобразно». Таким образом, в сознании студента закрепляется мысль о том, что процесс приведения аргументов – это мастерство, в основе которого не всегда лежит личная убежденность в истинности доказываемого тезиса.

Изучение способов аргументации эффективно при таком подходе, когда один и тот же тезис студент доказывает, используя различные ее типы: восходящая и нисходящая; дедуктивная и индуктивная; поддерживающая и опровергающая, когда оратор разрушает реальные или возможные контраргументы реального или «изобретенного» оппонента. Так, например, студенты доказывают тезис «Курение – это вред!», прибегая последовательно ко всем способам аргументации. При этом, как убежден А.А. Волков, «не следует увлекаться рассуждениями» [4].

Хороший результат в процессе закрепления навыков эффективной аргументации, как показывает наш опыт, дает самостоятельная работа по определению студентами использованного способа аргументации в анализируемых текстах, причем в качестве дидактического материала могут использоваться как подготовленные студентами в качестве домашнего задания тексты, так и тексты, подобранные преподавателем. В качестве дидактического материала преподаватель может использовать отрывки из речей великих ораторов, отрывки из судебных речей, из публицистических произведений [5].

На этапе, соответствующем в риторическом каноне ступени меморио, проводится работа, предполагающая выработку навыков по составлению плана предстоящего выступления, который является основой композиции. Для выработки и закрепления навыков составления планов различной сложности студентам на первом этапе предлагается составление плана по готовым текстам, разработанным преподавателем, а на продвинутом этапе предлагаются задания составить планы нескольких выступлений по различным проблемам. Значительное внимание на этом этапе отводится такому ключевому моменту, как способы запоминания материала, среди которых можно выделить заучивание наизусть, составление плана, как простого, так и развернутого, полный текст будущего выступления.

Наиболее интересным и потенциально полезным для студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство», является этап акцио, в ходе которого происходит непосредственное произнесение речи перед аудиторией. Акцию – это не просто озвучивание текста, это предъявление его оратором конкретной аудитории, что нередко влечет за собой трансформацию исходного текста, демонстрирующую импровизационные навыки говорящего в том числе. Созданный текст речи должен быть оживлен голосовыми, кинетическими (жесты, мимика, позы) и проксемическими характеристиками. Значимость данного этапа обусловлена в немалой степени проявлению в речи студентов-осетин разного

рода интерференции [6]. Этот этап отработки навыков публичного выступления чрезвычайно важен, поскольку именно на этом этапе происходит практическая реализация межпредметных связей, являющихся конкретным выражением интеграционных процессов и играющих важную роль в повышении практической и научно-теоретической подготовки студентов любой специальности, а в подготовке будущих актеров особенно.

Апробация результатов исследования осуществлялась в течение 6 лет в ходе организации и проведения опытно-экспериментальной работы по формированию и развитию риторических умений студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство». Теоретические положения, выводы и рекомендации обсуждались на заседаниях кафедры культуры речи и языка массовых коммуникаций Северо-Осетинского государственного университета.

Проверка и реализация результатов исследования осуществлялись на учебных занятиях по русскому языку и культуре речи со студентами 1 курса других специальностей и направлений СОГУ, в том числе на занятиях по риторике для студентов юридического факультета.

Поэтапный педагогический контроль процесса формирования и развития риторических умений и навыков студентов, изучающих дисциплину «Русский язык и культура речи» без включения раздела «Основы ораторского мастерства», и студентов, обучающихся по специальности «Актерское искусство», учебно-методический комплекс которых по дисциплине «Русский язык и культура речи» предполагает включение раздела «Основы ораторского мастерства», показал, что во втором случае этот процесс происходит с гораздо более высокой степенью эффективности, подтвержденной как тестовыми методиками контроля, так и поэтапными срезами знаний студентов.

Список литературы

1. Рамонова Э.М., Доева З.У. Лингвистическая характеристика описания как функционально-смыслового типа монологической речи // Журналистика XXI века: исторический опыт и современное развитие: сб. науч. тр. Владикавказ, 2018. С. 228–237.
2. Михальская А.К. Риторика: учебник. М.: Инфра-М, 2019. 480.
3. Стернин И.А. Практическая риторика. М.: Издат. центр «Академия», 2003. 272 с.
4. Волков А.А. Основы русской риторики. М.: Инфра-М, Форум, 2015. 544 с.
5. Цараева Л.А. Реализация контактоустанавливающей функции заголовками публицистических произведений Коста Хетагурова // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://www.science-education.ru/tu/article/view?id=16389> (дата обращения: 15.10.2018).
6. Каргаева Т.А., Цараева Л.А. Координированная методическая работа и система упражнений по нейтрализации интерференции в русской речи учащихся-осетин с опорой на транспозицию родного языка // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 5–3. С. 549–553.

УДК 373.6:004.77

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРАТИВНЫХ МЕХАНИЗМОВ В ПОВЫШЕНИИ ГОТОВНОСТИ СТАРШИХ ШКОЛЬНИКОВ К ИНЖЕНЕРНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

¹Янченко И.В., ²Янченко Я.М., ¹Бурева М.А., ¹Кокова В.И.,
¹Перехожева Е.В., ¹Скуратенко Е.Н., ¹Стреж В.В.

¹Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета,
Абакан, e-mail: inna-wind@mail.ru;

²Институт филологии и языковой коммуникации Сибирского федерального университета, Красноярск

Подготовка инженерных кадров для экономического развития страны представляет собой одну из приоритетных задач инженерных и технических вузов. Решение поставленной задачи невозможно без учета преемственности и интегративности процессов в рамках парадигмы «образование в течение всей жизни». Цель исследования, представленного в статье: выявить, теоретически обосновать составляющие готовности к инженерному образованию, позволяющие охарактеризовать качественно и количественно сформированность данного качества школьника, как будущего абитуриента технического вуза, в перспективе высокомотивированного бакалавра, способного быстро включиться в инженерную деятельность по окончании вуза. Предложена дефиниция «готовности к инженерному образованию» и выделены компоненты исследуемой готовности, охарактеризованные через составляющие действия, критерии и уровни сформированности данного интегративного качества. В процессе анализа результатов исходной диагностики выявлены организационно-педагогические условия, способствующие повышению исходного уровня готовности школьников к инженерному образованию. Представлены результаты диагностики после целенаправленной и организованной педагогической деятельности, направленной на повышение данного интегративного качества школьников. Идея исследования заключается в актуализации лично значимых смыслов профессионального самоопределения в процессе построения перспективного плана инженерной карьеры, обостряет проблематику готовности к инженерному образованию школьников и необходимость ее повышения расширением границ формального школьного образования до неформального инициативного образования на базе технического института.

Ключевые слова: готовность, инженерное образование, карьера, планирование, мотивы, ценности, знания, деятельность, рефлексия, профессиональное самоопределение, активность, физика, математика

IMPLEMENTATION OF INTEGRATIVE MECHANISMS IN INCREASING THE WILLINGNESS OF STUDENTS OF HIGH SCHOOL TO ENGINEERING EDUCATION

¹Yanchenko I.V., ²Yanchenko Ya.M., ¹Bureeva M.A., ¹Kokova V.I.,
¹Perekhozheva E.V., ¹Skuratenko E.N., ¹Strezh V.V.

¹Khakassian Technical School branch of Siberian Federal University, Abakan, e-mail: inna-wind@mail.ru;

²School of Philology and Language Communication Siberian Federal University, Krasnoyarsk

The preparation of engineering personnel for economic development of the country is one of the priorities of engineering (technical) universities. The solution of this problem can be made taking into account continuity and integrativity of processes within the framework of the «lifelong learning» paradigm. The purpose of the research presented in the article is to identify and theoretically prove the components of willingness to engineering education what allows to qualitatively and quantitatively characterize the formation of this quality of a schoolchildren as future enrollees of a technical university and then highly motivated students who are able to quickly engage in engineering activities after graduation. The authors used activity-based, person-based and competence-based approaches as methodological basis for the research. Theoretical basis is scientific works devoted to problems of professional orientation; motivation; social and professional development of the individual in the process of education; psychological and pedagogical aspects of willingness of senior students to obtain engineering education in the process of professional self-determination. The research was carried out by means of theoretical, empirical and statistical methods. The definition of «willingness to engineering education» is proposed on the basis of the review of the literature; structural components of the willingness are outlined and characterized through the constituent activities, criteria and levels of this integrative quality are proposed, the necessity of purposeful and organized formation of willingness to engineering education of schoolchildren is proved. In the process of analyzing the results of the initial diagnosis the author identified organizational and pedagogical conditions that contribute to an increase in the initial level of willingness of schoolchildren to engineering education. The results of diagnostics are presented after a purposeful and organized pedagogical activity aimed at enhancing this integrative quality of schoolchildren. The idea of research, which consists in the actualization of personally significant meanings of professional self-determination in the process of building a long-term plan for an engineering career, exacerbated the problem of willingness to engineering education of schoolchildren. The study of students' willingness to engineering education revealed the need to increase it by expanding the scope of formal school education to informal proactive education on the basis of a technical institute.

Keywords: willingness, engineering education, career, planning, motives, values, knowledge, activity, reflection, professional self-determination, physics, mathematics

Требования к профессиональным качествам человека в современных социально-экономических условиях существенно изменились, стали востребованы нестан-

дартность мышления, профессиональная мобильность, креативность, способность к самообразованию, саморазвитию и самоактуализации, умение делать выбор в усло-

виях неопределенности и многовариативности. Данные характеристики приобретают особое значение в инженерной деятельности, специфика которой расширяется от применения известных технологий, нормативов и стандартов до категорий творчества в инновационных технологических решениях. Компетентностный подход в подготовке инженеров, во многом связанный с идеей большего участия представителей профессиональной сферы в реальной образовательной практике, приближающей процесс образования к ситуациям профессиональной деятельности, дал положительные результаты, тем не менее проблемная ситуация с качеством инженерного образования все еще остается [1, 2]. Одной из нерешенных проблем высшего образования, которая следует из предыдущей ступени образования, является качество естественнонаучной подготовленности абитуриентов, о чем свидетельствует невысокий средний балл ЕГЭ по естественнонаучным дисциплинам, достаточный для зачисления в вузы, которые реализуют программы инженерно-технических направлений. Недостаточные знания по естественнонаучным дисциплинам вызывают трудности у студентов при обучении в вузе, и эта проблема касается не только нашей страны [3].

Проблемная ситуация не решается исключительно модернизацией высшего образования в связи со значимыми личностными факторами, среди которых выделим:

1) непонимание абитуриентами процесса получения среднего общего и предстоящего образования как начального этапа карьеры;

2) недостаток знаний о профессиональных средах, видах профессиональной деятельности, возможных траекториях карьерного развития в предполагаемых направлениях;

3) низкая мотивация при изучении естественнонаучных дисциплин;

4) отсутствие понимания необходимости целенаправленного развития качеств личности, актуальных в профессиональных средах, в области информационных технологий, исследовательской, проектной деятельности, командной работы и др.

Система традиционной профессиональной ориентации, призванная частично решать данные проблемы, не соответствует современным потребностям личности в карьерном планировании, абитуриенты не понимают, что выбранный ими вуз и направление подготовки, как образовательная стратегия, служат не целью, а инструментом реализации карьерной траектории (В.А. Гуртов, Е.А. Хотеева) [4].

Успешной профориентационной деятельностью ХТИ – филиала СФУ являются проекты на основе интегративных механизмов, заключающихся в совместных усилиях преподавательского состава вуза, преподавателей школ и представителей предприятий. Целью статьи является представление результатов теоретического исследования и практической реализации повышения готовности школьников к инженерному образованию.

Материалы и методы исследования

Раскрывая сущность готовности к инженерному образованию, мы основываемся на том, что важнейшей целью образования является развитие личности. В связи с этим методологическую основу исследования определили следующие подходы: личностно ориентированный, который необходим как условие разностороннего развития личности, способной к самостоятельному выбору; компетентностный, который усиливает практико-ориентированность образовательного процесса.

Теоретическая база исследования: труды, раскрывающие сущность готовности с точки зрения представлений о развитии личности (М.И. Дьяченко, В.А. Крутецкий, Л.А. Кандыбович, Н.Д. Левитов, А.А. Понукалин, Р.Д. Санжаева, Д.Н. Узнадзе и др.), посвященные мотивации и ценностным ориентациям в карьере человека и педагогическим условиям, способствующим осознанному выбору и готовности личности к самореализации в образовании профессии (Э.Л. Емельянова, Ж.С. Сафронова, Н.Ю. Хафизова, А.Г. Обоскалов, Л.Н. Смушкевич и др.).

Для достижения практических результатов исследования осуществлялась опытно-экспериментальная работа на протяжении восьми месяцев 2017–2018 академического года. В эксперименте приняли участие 29 школьников из 11 классов городских школ.

Использованы теоретические и эмпирические методы исследования: сравнительно-сопоставительный анализ психолого-педагогической литературы, раскрывающей аспекты проблемы исследования; анкетирование, наблюдение, тестирование и беседы со старшими школьниками, будущими абитуриентами; методы математической статистики для обработки экспериментальных данных.

Основные этапы исследования: проведен анализ психолого-педагогической литературы, определены теоретико-методологические основы исследования; охарактеризованы критерии и уровни готовности к инженерному образованию, подобран диагностический комплекс изучения готовности к инженерному образованию; проведена диагностика и осуществлен анализ результатов; сформулированы выводы.

Результаты исследования и их обсуждение

Ученые в области психологии определяют категорию «готовность» как состояние мобилизации психофизиологических качеств личности, предшествующее деятельности: установки личности как ее общей готовности (Д.Н. Узнадзе) [5]; осознание мотивов и потребностей в данной деятель-

ности, положительное отношение человека к деятельности (Н.Д. Левитов, А.М. Рикель) [6]; синтез качеств, свойств личности, мотивов, ситуаций и ее целенаправленное выражение, условие выполнения деятельности (Л.А. Кандыбович, В.А. Крутецкий, Н.Д. Левитов) [7, 8].

Компоненты готовности к деятельности безотносительно к ее виду выделяют М.И. Дьяченко, Л.А. Кандыбович: мотивационный, ориентационный, операцион-

ный, волевой, оценочный [7]. Р.Д. Санжаева определяет мотивационный, мобилизационно-настроенный, операционно-действенный, эмоционально-волевой, познаватель-но-оценочный компоненты [9]. Сравнение функциональных компонентов позволяет заключить, что исследователями готовность рассматривается как характеристика личности, определяющая и отражающая отношение к деятельности (мотивы, направленность, цели, установки).

Таблица 1

Характеристика уровней готовности школьников к инженерному образованию

Составляющие действия	Уровни выраженности	
	Пассивный	Активный
Мотивационно-интенциональный критерий		
Проявление интереса к инженерной деятельности	Не проявляет действий по расширению знаний специфики, предполагаемой или планируемой для освоения инженерной деятельности	Проявляет интерес к познанию специфики предполагаемой, планируемой для освоения инженерной деятельности
Проявление стремления к приобретению знаний по естественнонаучным дисциплинам	Стремление к изучению естественнонаучных дисциплин в рамках общеобразовательной программы не выражено	Выраженное стремление к углубленному изучению естественнонаучных дисциплин
Наличие в структуре мотивации стремления к успеху	Мотив достижения: стремление к избеганию неудач	Мотив достижения: стремления к успеху
Когнитивно-оценочный критерий		
Необходимый уровень естественнонаучной подготовки по профильным предметам	Выполняет задания базового и повышенного уровня сложности, на уровнях «знать», «понимать»	Выполняет задания базового, повышенного и высокого уровня сложности на уровнях «знать», «понимать» и «анализировать»
Знания об особенностях инженерной деятельности, трудовых функциях инженера	Не знает о трудовых функциях инженера; не знает требуемые компетенции для успешной инженерной карьеры	Знает о трудовых функциях инженера; знает требуемые компетенции для успешной инженерной карьеры
Самоанализ результатов своей деятельности в процессе подготовки к процедурам оценки качества образования (ЕГЭ)	Осуществляет оценку результатов учебной деятельности с посторонней помощью	Осуществляет самоанализ результатов учебной деятельности
Самооценка личных качеств и постановка на основе рефлексии достижимых целей в образовании	Оценивает по внешней инициативе, ставит достижимые цели в образовании, но не связывает их с будущей карьерой	Стремится реально смотреть на свои успехи и неудачи, ставит достижимые цели в образовании и карьере
Деятельностный критерий		
Вовлеченность старшего школьника в процесс подготовки к сдаче ЕГЭ в качестве субъекта, осознанно планирующего образование	Ограничивает учебную деятельность рамками заданий преподавателя, не проявляет активность, субъектность в образовательной деятельности	Учебная деятельность выходит за рамки заданий преподавателя, проявляет субъектность, активность в образовательной деятельности
Самоактуализация, направленность на развитие личностных качеств, знаний, умений, навыков, необходимых в инженерном образовании и карьере	Проявляет не полную самостоятельность в учебной деятельности. Цели мало связаны с деятельностью, прошлый опыт мало влияет на поведение	Образовательная деятельность организована соответственно целям, видит свою жизнь целостной, независим в поступках

Отметим важные особенности психолого-педагогических исследований при выделении функциональных компонентов: семантическое содержание компонентов зависит от вида исследуемой готовности, и ученые включают в их состав компоненты, содержание которых предполагает проявление готовности в деятельности (процессуальный, практический и др.). В педагогических исследованиях готовность раскрывается как совокупность потенциальных многоуровневых характеристик личности, которые формируются или развиваются через категории, определяющие положительное отношение личности к деятельности, мотивацию и устойчивость интересов, кроме того готовность характеризует определенный уровень знаний и сформированность умений, способностей, практический опыт, что определяет самореализацию личности в образовании или профессии (Э.Л. Емельянова, Ж.С. Сафронова, Н.Ю. Хафизова, А.Г. Обоскалов, Л.Н. Смушкевич) [6, 10, 11].

Таким образом, в педагогике понятие «готовность» используется как детерминанта достижения определенного уровня целенаправленного и организованного процесса подготовки личности, обеспечивающая ей самостоятельность и успешность в различных видах деятельности.

Целевым ориентиром формирования готовности к инженерному образованию является инженерное образование. Мировые тренды в содержании инженерного образования основаны на полипарадигмальном подходе [12]. Контекст, прослеживаемый в направлении инженерного образования, связывается с концепцией, определяющей формирование готовности выпускников инженерно-технических направлений к осуществлению цикла *Conceive – Design – Implement – Operate* [13]. Инженерное образование как процесс предполагает социальное партнерство, интеграцию усилий вузов и предприятий в комплексной подготовке специалистов к инновационной инженерной деятельности за счет соответствующих методов и выбора содержания обучения. Значительная роль отводится процессам развития коммуникативных навыков, командной работы, проектной деятельности, а также процессам информатизации и цифровизации общества, изменившим характеристики пространственно-временного континуума, в реализации педагогических технологий на основе онлайн-офлайн взаимодействия субъектов образовательного процесса, например, дистанционного, смешанного, «перевернутого» и гибридного обучения. Заданные высокие требования

к личным качествам выпускников вузов позволяют сделать вывод о необходимости целенаправленного их формирования на этапе довузовской подготовки.

Раскрывая сущность готовности к инженерному образованию, мы основываемся на том, что важнейшей целью образования является развитие личности. Принимая во внимание мнение ученых, представим наше понимание готовности школьника к инженерному образованию как интегративное качество личности, характеризующее совокупность субъектных качеств (интересов, мотивов, ориентаций, способностей к самореализации, активности, рефлексии и др.) и определяющее осознанный выбор инженерного (технического) образования как начального этапа инженерной карьеры. Динамичность данной характеристики, определение ее как интегративного качества личности и проявление в деятельности позволяет охарактеризовать готовность к инженерному образованию в единстве функциональных компонентов: мотивационно-интенционального («Я хочу»); когнитивно-оценочного («Я знаю и могу»); деятельностного («Я делаю»).

Краткая характеристика содержания функциональных компонентов готовности к инженерному образованию представлена в табл. 1 с учетом выраженности на пассивном и активном уровнях.

Компонентное представление готовности школьника к инженерному образованию с выделением составляющих действий позволило раскрыть динамичную сущность данного понятия и определить критерии и уровни его сформированности, что позволяет в перспективе провести педагогические измерения при реализации организационно-педагогических условий – повышения данного интегративного качества школьника. Оценка уровня готовности школьника к инженерному образованию заключалась в фиксации прогнозируемого уровня (пассивный, активный) и проводилась посредством комплекса, методики которого подбирались соответственно критериям и на основе составляющих действия, представленных в табл. 2: анкета «Ценностные ориентации» (Е.О. Тарасова); тест «Измерение мотивации достижения» (А. Мехрабян, Е.П. Ильин); предметные тесты, составленные на основе контрольно-измерительных материалов единого государственного экзамена (КИМ ЕГЭ); методика «Направленность на вид инженерной деятельности» (О.Б. Годлиник); методика исследования самооценки личности (С.А. Будасси); тест самоактуализации (CAT) [14].

Таблица 2

Результат диагностики готовности школьников к инженерному образованию

Показатели	Количество школьников							
	пассивный уровень				активный уровень			
	до		после		до		после	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
Мотивационно-интенциональный критерий								
Расширение образования и кругозора	24	82,8	13	48,1	5	17,2	16	59,3
Общение с людьми	22	75,9	10	37,0	7	24,1	19	70,4
Интересная работа	29	100,0	19	70,4	0	0,0	10	37,0
Творчество	8	27,6	8	29,6	21	72,4	21	77,8
Материальное благополучие	12	41,4	10	37,0	17	58,6	19	70,4
Мотив достижения	26	89,7	23	85,2	3	10,3	6	22,2
Когнитивно-оценочный критерий								
Выраженный вид инженерной деятельности	19	65,5	10	37,0	10	34,5	19	70,4
Знаете ли Вы о компетенциях, требуемых в будущей профессии?	29	100,0	0	0,0	0	0,0	29	107,4
Знаете ли Вы виды инженерной деятельности?	29	100,0	0	0,0	0	0,0	29	107,4
Определились ли Вы с направлением подготовки или специальностью?	15	51,7	6	22,2	15	51,7	23	85,2
Выбран ли Вами вуз?	24	82,8	6	22,2	5	17,2	23	85,2
Результат предметного теста (физика)	26	89,7	15	55,6	3	10,3	14	51,9
Результат предметного теста (профильная математика)	29	100,0	17	63,0	0	0,0	12	44,4
Уровень самооценки	27	93,1	23	85,2	2	6,9	6	22,2
Деятельностный критерий								
Выполнение домашнего задания	17	58,6	10	37,0	12	41,4	19	70,4
Выполнение заданий по собственной инициативе	27	93,1	23	85,2	2	6,9	6	22,2
Поддержка (показатель САТ)	24	82,8	23	85,2	5	17,2	6	22,2
Познавательные потребности (показатель САТ)	7	24,1	6	22,2	22	75,9	23	85,2

На данном этапе исследования авторами на базе ХТИ – филиала СФУ на основе социального партнерства реализована диагностика готовности школьников к инженерному образованию и организован специализированный курс, построенный на методологии лично ориентированного подхода и направленный на повышение исходного уровня готовности посредством:

1) информирования обучающихся об особенностях инженерного образования и деятельности, о реализуемых направлениях и карьерных перспективах выпускников инженерно-технических направлений вуза в целях карьерного планирования;

2) обогащения содержания естественно-научного образования с привлечением высококвалифицированных преподавателей выпускающих кафедр;

3) организации систематической рефлексивной деятельности по самооценке опыта деятельности в соответствии с перспективным планом получения инженерного образования.

Результаты диагностики школьников по уровням готовности к инженерному обра-

зованию представлены в табл. 2 до начала и после реализации организационно-педагогических условий.

Интерпретируем результаты исходной диагностики по мотивационно-ценностному критерию готовности к инженерному образованию на качественном уровне, анализируя ранжирование ценностей и преобладающего мотива достижения. Ранжирование ценностных ориентаций испытуемыми, безусловно, не подлежит унификации, все испытуемые проявили индивидуальность и ценности ранжированы всеми школьниками в разной последовательности, однако у всех приоритетные ценности – общечеловеческие ценности: здоровье, любовь, семья, дети, друзья. Анализируем ценности, имеющие отношение к профессиональной деятельности и карьере инженера: интересная работа, общение с людьми, расширение образования и кругозора, творчество. Расширение образования и кругозора в первой группе ценностей только у 17% школьников, в то же время материальное благополучие и успех в карьере в приоритетных ценностях более чем у половины испытуемых,

что свидетельствует о недооценке значения образования для успеха в профессиональной карьере. Успешная карьера требует в современной социально-экономической ситуации непрерывного образования, самообразования на протяжении всей жизни и, конечно, они невозможны без интереса к работе, общения с людьми, уважения окружающих. Ценность творчества оказалась в группе приоритетных ценностей у 72% испытуемых, свидетельствуя о желании самореализоваться в этом направлении, что соответствует особенностям инженерной деятельности.

В структуре мотивации достижения у 89,7% испытуемых доминирует стремление избегания неудач, т.е. препятствия рассматриваются как подтверждение сомнений, в результате часто для достижения цели не хватает настойчивости. В то же время преобладание мотива избегания неудачи свидетельствует о возможности продумать свои действия и подготовиться к сложностям, выбору действий и способам поведения. Результаты наблюдений, бесед со школьниками свидетельствуют о поверхностных знаниях видов инженерной деятельности, о компетенциях, требуемых в предполагаемой будущей профессии, следовательно, решение об инженерном образовании принято скорее интуитивно или под влиянием авторитетных окружающих.

Для образовательных программ инженерно-технических направлений актуальна высокая подготовленность абитуриентов по математике (профиль) и физике. В связи с чем одно из условий – обогащение содержания естественнонаучного образования осуществлялось на протяжении нескольких месяцев и при этом постоянно осуществлялся мониторинг текущих результатов обучения по математике и физике. Учитывая заинтересованность школьников в стремлении сдать ЕГЭ по профильной математике и физике на максимальный балл, по их просьбе структура диагностических тестов соответствовала контрольно-измерительным материалам ЕГЭ. Представляют инте-

рес результаты диагностических тестирований первого и последнего контрольного срезов по математике и физике (табл. 3), обобщенные по трем уровня маналогично уровням заданий ЕГЭ.

Анализ структуры выполненных работ показал, что значительная доля школьников (41,4% по математике и 69% по физике) решают задачи базового уровня сложности, причем наблюдение и опрос показали, что среди школьников есть такие, которые даже не попытались решать более сложные задачи, сказав что-то вроде «да все равно я не решу» или «а зачем, и этого балла хватит». Организованная целенаправленная деятельность преподавателей вуза и мотивация большей части школьников привели к изменению ситуации. Отметим, что в начале занятий с преподавателями вуза школьники ведут себя крайне скромно и даже боязливо, отказываются выходить к доске, не решаются активно участвовать в дискуссиях, ожидая от преподавателя лишь трансляцию знаний. Преподавателям приходится приложить усилия и вовлечь школьников в процесс совместной образовательной деятельности, в результате которой школьники приходят на занятия с удовольствием, задают вопросы, активно участвуют в освоении дисциплин и решении учебно-исследовательских задач и задач прикладного характера. Для подтверждения значимости и неслучайности положительных изменений в освоении математики и физики (табл. 3) каждым школьником использовался критерий Фишера. Анализ данных табл. 2 свидетельствует о повышении уровня подготовки школьников с низким и средним уровнем, что объясняется высокой мотивацией и целеустремленностью школьников, поддерживаемые преподавателями на протяжении всего периода реализации проекта. Таким образом, уровень готовности к инженерному образованию по когнитивному критерию в части подготовленности по профильной математике и физике результативно повысился, что и ожидалось в начале проекта всеми его участниками.

Таблица 3

Распределение результатов тестирования школьников по уровням подготовки по математике и физике

Дисциплина	Количество школьников (всего 29 чел. – до, 27 чел. – после)											
	низкий				средний				высокий			
	до		после		до		после		до		после	
	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%	чел.	%
Математика (профиль)	12	41,4	2,0	7	14	48,3	14,0	51,9	3	10,3	11	40,7
Физика	20	69,0	5,0	19	7	24,1	9,0	33,3	2	6,9	13	48,1

Представим качественный анализ результатов теста самоактуализации: результаты по шкале «Поддержка» 83 % испытуемых нуждаются во внешней поддержке, несвободны в своем выборе, ориентируются на мнение других, а не на свое собственное, одобрение других людей становится приоритетным. Однако уровень познавательных потребностей у значительной части школьников высокий.

Для постановки достижимых целей необходима способность личности к рефлексии, в связи с чем один из критериев исследуемой готовности – рефлексивно-оценочный. Уровень самооценки по методике исследования самооценки личности С.А. Будасси у 93,1 % испытуемых адекватный, но на границе адекватной и заниженной. Данный результат согласуется с наличием преобладающего мотива избегания неудач в структуре мотивации большей части исследуемых школьников.

Заключение

Анализ полученных эмпирических результатов позволил выявить условия перехода исходного уровня готовности школьников к инженерному образованию на более высокий:

1) переход структуры мотивации с избегания неудач на преобладание мотивации достижения стремления к успеху как стимула к развитию, оптимистичного восприятия будущего, опоре на свои способности и их развитие, от чего во многом зависит успешность деятельности;

2) повышение уровня готовности школьников в части естественнонаучной составляющей, в данном случае по математике и физике, и в направлении большей информированности об особенностях инженерной деятельности, трудовых функциях инженера;

3) развитие субъектной позиции и активности школьника, необходимых для осознания, принятия целей и задач своего развития, для целенаправленного, ответственного выбора в самоопределении, для адекватной самооценки своих возможностей в ситуациях проектирования своей деятельности и жизненных ситуаций в целом.

Выявленные педагогические условия реализованы авторами в групповых и индивидуальных формах работы с использованием материально-технического обеспечения ХТИ – филиала СФУ, «Курсов» электронной информационно-образовательной среды СФУ (ЭИОС СФУ). В процессе реализации проекта использованы педагогические технологии развития обучающихся, вовлекающие в исследовательскую и проектную

деятельность, которые предполагают наличие лично значимой проблемы, требуют проявления самостоятельности, исследовательского поиска, публичного представления результатов деятельности, способности рефлексивно относиться к себе, действиям, результатам, принятым решениям. Проект позволил реализовать технологию смешанного обучения, в частности «перевернутый класс» в связи с тем, что, во-первых, обучающиеся уже ознакомлены с темой в школе, и, во-вторых, преподаватели предоставляли учебный материал на платформе электронных курсов в ЭИОС СФУ [15].

Результаты повторной диагностики готовности школьников к инженерному образованию (табл. 2, 3) свидетельствуют о положительном результате проекта. Значимый результат получен для когнитивно-оценочных критерия (результаты диагностических тестов по профильной математике и физике) исследуемой готовности школьников. Вывод о значимости результатов испытуемых основан на применении критерия Фишера при обработке индивидуальных результатов. Не столь результативно изменились результаты работы, направленной на повышение самооценки и показателей самоактуализационного теста («Поддержка» и «Познавательные потребности»), столь значимые характеристики личности формируются и развиваются на протяжении жизни и их изменение требует более длительного воздействия.

Реализация проекта повышения готовности школьников к инженерному образованию завершилась опросом, который включал следующие вопросы:

1. Были ли интересны Вам результаты тестов и анкет?

2. Сложно ли излагался для вас материал по сравнению с изложением школьного педагога?

3. Был ли представлен материал, выходящий за пределы школьного курса математики и физики?

4. Помогал ли в освоении материала электронный курс в электронной информационно-образовательной среде СФУ?

5. Какая часть материала в процентах усваивалась вами на занятии?

6. Насколько полезной оказались Вам формы совместной деятельности в аудитории?

7. Считаете ли вы полезным опыт обучения вне школы, в вузе?

8. Посоветовали бы Вы принять участие в подобном проекте своим знакомым?

Результаты анкетирования показали, что школьники, изучавшие математику и физику в институте, считают полученный мате-

риал, по сравнению с изучаемым в школе, более сложным и значимым по объему, но и более актуальным, интересным оказался опыт применения знаний математики и физики при решении задач прикладного характера. Кроме того, небольшой состав групп на занятии и активные неформальные обсуждения ситуаций, взаимное обучение и поддержка привели к тому, что дома осталось закрепить результаты при выполнении домашнего задания. Большой интерес был проявлен к результатам анкет и тестов.

Проведенное исследование по проблеме готовности школьника, будущего абитуриента, к инженерному образованию соответственно поставленной цели позволило решить поставленные задачи исследования, однако круг проблем, связанных с готовностью выпускника школы к инженерному образованию и карьере инженера в целом, открывает перспективу дальнейшего поиска теоретико-методологических оснований, педагогических условий, способствующих оценке и повышению данного интегративного качества. Планируется дальнейшее развитие исследований интеграционных механизмов взаимодействия по траектории Школа – Вуз – Предприятие, расширяющих возможности подготовки школьников к получению инженерного образования и в перспективе осуществления инженерной карьеры в рамках парадигмы «образование в течение всей жизни».

Список литературы

1. Crawley E. et al. Rethinking Engineering Education – The CDIO Approach. 2007. DOI: 10.1007/978-3-319-05561-9_5.
2. Bennedsen J. et al. Collaborative quality enhancement in engineering education: an overview of operational models at a programme level. *European Journal of Engineering Education*. 2018. P. 1–16. DOI:10.1080/03043797.2018.1443058.
3. Madeira V. et al. The lack of preparation of students that enter engineering courses in Brazil. *Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2018 IEEE. IEEE, 2018. P. 1360–1363. DOI: 10.1109/EDUCON.2018.8363387.
4. Гуртов В.А., Хотеева Е.А. Планирование карьерной траектории школьников: ориентация на «хочу», «могу» и «надо» // *Интеграция образования*. 2018. Т. 22. № 1. С. 134–150. DOI: 10.15507/1991-9468.090.022.201801.134-150.
5. Деркач А.А. Методологические составляющие состояния психической готовности к деятельности // *Акмеология*. 2012. № 3. С. 10–19.
6. Сафронова Ж.С. Формирование готовности магистрантов технического вуза к педагогической деятельности: дис. ... кан. пед. наук: 13.00.01. Кемерово, 2002. 168 с.
7. Дьяченко М.И., Кандыбович Л.А. Психологические проблемы готовности к деятельности. Минск, 1976. 187 с.
8. Крутецкий В.А. Психология математических способностей школьников. М., 1998. 411 с.
9. Санжаева Р.Д. Психологическая готовность личности к деятельности как метакатегория // *Вестник Бурятского государственного университета. Образование. Личность. Общество*. 2012. № 1. С. 127–141.
10. Емельянова Э.Л. Педагогическое обеспечение готовности студентов к академической мобильности: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.01. Москва, 2013. 194 с.
11. Хафизова Н.Ю., Обоскалов А.Г., Смушкевич Л.Н. К вопросу о формировании у обучающихся готовности к выбору инженерных профессий // *Современные проблемы науки и образования*. 2017. № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27235> (дата обращения: 11.09.2018).
12. Соловьев А.Н., Приходько В.М. Международное общество по инженерной педагогике: достижения за 45 лет // *Высшее образование в России*. 2018. № 3. С. 85–95.
13. Осипова С.И., Рябов О.Н. Обоснование педагогических условий формирования проективно-внедренческой компетентности бакалавров-инженеров на основе идей CDIO // *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 10–1. С. 181–184.
14. Тарасова Е.О. Психология и педагогика: учеб. пособ. для проведения семинарских занятий. Сызрань: Самар. гос. техн. ун-т., 2007. 150 с.
15. Янченко И.В. Смешанное обучение в вузе: от теории к практике // *Современные проблемы науки и образования*. 2016. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25417> (дата обращения: 14.11.2018).

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.738.5

ОБЗОР ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЭПОХУ ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕГО ИНТЕРНЕТА**Жебровский С.И., Кузин Д.А., Стрельцова М.М.***Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: zhebrovskiy.si@dvfu.ru*

В настоящее время использование геоинформационных систем (ГИС) становится неотъемлемой частью многих сфер жизни, а интернет вещей (англ. Internet of Things, IoT) является одной из основных тенденций развития рынка информационных технологий. Это дает повод для размышлений о возможности дальнейшего их совместного развития. Данная статья посвящена обзору перспектив совершенствования геоинформационных систем с применением интернета вещей и распространению этой интеграции в повседневной жизни. В статье рассматриваются ключевые этапы развития интернета. Дается описание актуальных проблем, с которыми столкнулись исследователи при разработке алгоритмов и механизмов взаимодействия устройств с базами данных геоинформационных систем, приводятся примеры систем и устройств, используемых в настоящее время. Также значительное внимание уделяется существующим технологиям, разработанным современными компаниями для интернета вещей и геоинформационных систем. В статье обобщается новый материал по исследуемой теме: геоинформационные базы данных применительно к всеобъемлющему интернету. Авторы выделяют и описывают характерные преимущества использования интернета вещей в геоинформационных системах. В заключении авторы пишут о том, что может позволить совместное использование интернета вещей и геоинформационных систем.

Ключевые слова: всеобъемлющий интернет, интернет вещей, геоинформационные системы, анализ пространственных данных, большие данные, сервер хранения геопространственных данных

**GEOINFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT
IN THE INTERNET OF THINGS ERA****Zhebrovskiy S.I., Kuzin D.A., Streltsova M.M.***Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: zhebrovskiy.si@dvfu.ru*

At present, the use of geographic information systems (GIS) is becoming an integral part of many spheres of life, and the Internet of Things (Internet of Things, IoT) is one of the main trends in the development of the information technology market. This gives reason to think about the possibility of their further joint development. This article is devoted to an overview of the prospects for improving geo-information systems using the Internet of things and the spread of this integration in everyday life. The article discusses the key stages of the development of the Internet. A description of the actual problems faced by researchers in the development of algorithms and mechanisms for the interaction of devices with databases of geographic information systems is given, examples of systems and devices currently used are given. Also, considerable attention is paid to existing technologies developed by modern companies for the Internet of things and geographic information systems. The article summarizes the new material on the topic under study: geographic information databases in relation to a comprehensive Internet. The authors identify and describe the advantages of using the Internet of things in geographic information systems. In conclusion, the authors write what can allow the sharing of the Internet of things and geographic information systems.

Keywords: Internet of Everything, Internet of Things, geoinformation systems, spatial data analysis, big data, spatial data server

В развитии интернета можно условно выделить четыре этапа, каждый из которых определенным образом повлиял на различные сферы жизни общества. Первый этап характеризуется возможностью пользоваться электронной почтой, искать информацию в электронных библиотеках, т.е. возможностью доступа к информации в цифровом формате. В конце 1990-х гг. начался следующий этап, который можно назвать этапом «сетевой экономики» [1]. Тогда зарождалась и развивалась электронная коммерция, управление цепями поставок стало осуществляться посредством интернет-технологий, люди начали покупать товары в интернет-магазинах, а компании открыли для себя новые рынки. Третий этап начался в начале 2000-х гг., и он известен

как начало «совместной работы» [2]. На данном этапе люди стали активно пользоваться социальными сетями, видеосвязью, появилась возможность использования облачных вычислений, мобильные устройства получили высокоскоростной доступ к интернету, что значительно изменило сферу труда.

В настоящее время человечество переходит на этап «всеобъемлющего интернета» (дословно – «интернета всего» от английского Internet of Everything, IoE). Данный этап объединяет людей, процессы, данные и вещи, преобразуя информацию в действия, которые предоставляют новые широкие возможности и перспективы. Всеобъемлющий интернет строится на основании концепции интернета вещей

с добавлением искусственного сетевого интеллекта, который позволяет осуществлять взаимодействие между ранее разрозненными системами. Планируется, что к 2020 г. к Интернету будет подключено около 50 миллиардов устройств [3]. За счет подключения к сети множества устройств с различными типами датчиков обыденные вещи соединятся между собой и станут интеллектуальными. Готовность к всеобъемлющему интернету характеризуется тремя основными признаками:

– повышенный уровень осведомленности – используя датчики, можно получать данные о различных объектах, процессах в реальном времени;

– возможность прогнозирования – новые типы устройств для анализа данных позволяют организациям предвидеть перспективные тенденции и схемы поведения;

– гибкость – все более точные прогнозы позволяют организациям быстрее реагировать на растущие тенденции и угрозы рынка, а также подстраиваться под них.

Геоинформационные технологии и интернет вещей связаны уже давно. Раньше, когда производители предоставляли средства контроля и учета с помощью меток радиочастотной идентификации [4], о всеобъемлющем интернете еще не шло речи. Кроме масштаба новым в данной концепции является скорость, с которой данные с устройств интернета вещей захватываются, передаются, сохраняются и анализируются. Именно здесь вступают в действие облачные вычисления и технология big data («больших данных») [5, 6].

Для решения технических задач построения и интеграции геоинформационных систем и интернета вещей необходимо решить ряд задач:

– использование в различных областях, таких как военное дело и сельское хозяйство, управлении транспортом и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, управление земельными ресурсами и строительством и т.д.;

– манипулирование большим объемом данных;

– сбор, хранение, анализ данных различного характера;

– визуализация необходимых данных [7].

Самым простым способом их решения является разбивка всего геоинформационного комплекса на составные части и проработка каждой подсистемы в отдельности. Но из-за специфики и новизны решаемых задач не все компоненты имеют возможность быть реализованными «классическими» и устоявшимися способами и методами.

Цель данной статьи заключается в ознакомлении с основными вариантами решения и реализации интеграции геоинформацион-

ных систем и интернета вещей с использованием как уже известных методов и технологий, так и новых принципов и подходов; составление краткого сравнения описываемых решений.

Серверная часть и центры обработки данных

Существуют две основные задачи при обработке данных, с которыми должны справиться производители оборудования: первая – это хранение геопространственных данных для интернета вещей, вторая – обработка больших данных (big data). Для хранения геопространственных данных используются форматы файлов, такие как Esri Shapefile и GeoJSON. Esri Shapefile – это формат векторных графических файлов, созданный и поддерживаемый компанией Esri [8]. GeoJSON является открытым файловым форматом для хранения географических файлов, который поддерживается не организацией (как в случае с Shapefile), а рабочей группой разработчиков [9]. Для поддержки баз данных используются PostGIS, Oracle, SQL Server [10, 11]. Данные технологии отлично работают на базе персональных компьютеров, но всё же предпочтительным форматом для IoT являются облачные вычисления. Например, распределенные файловые системы Hadoop (HDFS) и Apache Hive не поддерживают пространственные типы данных [12]. Проблема обработки геопространственных больших данных связана с недостаточной мощностью отдельных устройств и необходимостью переноса вычислений в облачные сервисы.

В настоящее время компанией Esri уже разрабатываются серверные решения для IoT и ГИС, работающие в реальном времени с большими объемами геопространственных данных, решающие задачи хранения и обработки информации. Например, программа ArcGIS с версией от 10.5 уже способна работать с устройствами интернета вещей [13]. Существует и совершенствуется сервер GeoEvent, который предлагает возможности высокоскоростного приема и анализа данных в режиме реального времени [14]. Сервер событий, предоставляемый компанией ArcGIS, позволяет объединять потоки данных с множества датчиков различного типа, например датчиков движения, влажности, температуры и т.д., обрабатывать их и предоставлять информацию сразу множеству пользователей. Данный модуль позволяет обрабатывать практически любой тип потоковых данных, поступающих с устройств интернета вещей, и оповещать пользователей о наступлении

определённых событий в режиме реального времени.

Для анализа больших данных используется сервер GeoAnalytics [15]. Геопространственная аналитика имеет дело с данными, касающимися расположения, размера, формы элементов как в двумерном, так и в трёхмерном пространстве. Синонимами геопространственной аналитики являются географическая и локационная аналитика. Пространственная аналитика используется для [16, 17]:

- извлечения, преобразования и загрузки пространственных данных из различных источников данных, таких как веб-службы, открытые данные, датчики, метаданные в других системах аналитики. Это может происходить на регулярной основе с пакетными процессами передачи информации или в режиме реального времени;

- хранения и управления пространственными данными в пространственной базе данных, которая служит в качестве интегрированного хранилища данных, похожего на общую базу данных. Пространственные базы данных обычно расширяются с помощью определенных структур и моделей, оптимизированных для хранения и обработки данных местоположения. Более того, они охватывают технологии Big Data и NoSQL;

- анализа и моделирования пространственных данных, которые описывают различные проблемы, такие как большие объемы данных, необходимость сочетать пространственные и непространственные наборы данных, а также необходимость поддержки комплексных алгоритмов работы с геоданными;

- визуализации и интеграции пространственных данных, которые представляют собой обработанные данные в форме, понятной для пользователей, помогающей принимать решения, основанные на этих данных. Для этого используется, например, визуализация данных на карте.

Описанные решения могут использоваться отдельно или в различных комбинациях.

Устройства, осуществляющие сбор данных для геоинформационных систем

Кроме разработки решений, необходимых для реализации центров обработки геопространственных данных и других данных, собранных с датчиков, также рассматривается организация связи между датчиками и центрами обработки [18]. Так как датчики будут присутствовать практически во всех устройствах, окружающих человека, необходимо разрешить сразу нескольких проблем: потребление энергии передат-

чиков должно быть минимальным; сразу множество датчиков должно подключаться к контроллерам; передача данных осуществляется в различных условиях (большая дальность, высокий уровень помех в условиях городской застройки).

В интернете вещей к сети данных должно быть подключено множество датчиков. Датчик – это преобразователь, который регистрирует какое-либо событие или изменение каких-либо физических величин, с целью передачи этой информации для использования устройствами измерительного, сигнального, управляющего характера. Например, датчики могут измерять температуру, вес, скорость, давление, влажность, освещенность. Датчики можно устанавливать на транспорте для измерения скорости и определения траектории движения для использования этой информации при создании карты города с маршрутом общественного транспорта, действующей в реальном времени. В масштабе города использование датчиков позволяет регистрировать плотность парковок, освещенность улиц, концентрацию пыли, шум, влажность воздуха [19]. Настройка датчиков может производиться как удаленно, так и физически на устройстве. Благодаря информации, поступающей с датчиков, можно разрабатывать и реализовывать механизмы реакции на определенные события [20]. К примеру, использование датчика освещенности улицы в паре с датчиком присутствия делает возможным автоматическое управление городским освещением по вечерам в зависимости от естественного света и присутствия людей в зоне действия. Таким образом можно значительно экономить электроэнергию.

Исполнительные механизмы – это устройства автоматики, которые преобразуют управляющую информацию в механическое перемещение. Это техническое средство, которое можно использовать для активации системы или управления ей. Основные три типа исполнительных механизмов:

1. Электрический – работает благодаря электродвигателю, который преобразует электроэнергию в механические действия.

2. Гидравлический – использует давление жидкости для выполнения механического движения.

3. Пневматический – использует сжатый под высоким давлением воздух для инициирования механического действия [21].

Вне зависимости от того, как исполнительный механизм инициирует движение, его базовая функция заключается в получении командного сигнала, согласно которому он выполняет какое-либо действие.

Для подключения к сети для датчиков Huawei Technologies Co., LTD разрабатывают стандарт сотовой связи NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) [22]. Он предусматривает низкое энергопотребление и возможность подключения десятков тысяч устройств к одной базовой станции [23]. В настоящее время компании Quectel и Ublox представили готовые модули беспроводной связи, поддерживающие LTE Cat.M1 (NB-IoT). К примеру, модуль Ublox SARA-N2 обладает очень низким энергопотреблением, что обеспечивает срок службы батареи более 10 лет и возможность подключения до 50 тысяч устройств к одной базовой станции [24]. Чип Quectel BG96 позволяет работать в модулях GSM, GPRS, HSPA, LTE, обладает сверхнизким энергопотреблением и скоростью до 375 кбит/с [25].

Преимущества использования интернета вещей в геоинформационных системах

Поставщики тепловой, эклектической энергии, а также поставщики услуг водоснабжения могут использовать ГИС для публикации информации об отключениях с привязкой к конкретной местности, основываясь на показаниях датчиков. В случаях происшествия использование IoT совместно с ГИС позволит оперативно выделить места повреждений линий электропередач и направить туда ремонтную бригаду для устранения проблемы. Использование данных такого рода может также помочь компании более активно взаимодействовать с клиентами, предоставляя им возможность отслеживания состояния технических работ онлайн и не прибегать к обращениям в центры поддержки.

Телекоммуникационные, мобильные операторы могут использовать данные, полученные с устройств интернета вещей, для составления тепловых карт, выявления и обнаружения неисправностей и сбоев в обслуживании, определения перегруженности и использования мощности базовых станций и ретрансляторов для предоставления информации пользователям о параметрах мобильной и Wi-Fi сетях в определенных местах города. Сервис Geoanalytics может использоваться операторами для просмотра сведений о состоянии сети с привязкой к географическим данным и предоставлять дифференцированное качество обслуживания (QoS), основываясь на данных местоположения клиента.

Технологии IoT в ГИС позволят оценивать использование электроэнергии, реагировать на её спрос, использовать тарифные и временные стимулы для снижения энергопотребления в пиковые периоды для баланса спроса и предложения.

Компании, предоставляющие услуги общественного транспорта, могут добавлять свои маршруты на городские карты, для отслеживания передвижения в реальном времени.

Заключение

Развитие геоинформационных систем с использованием концепции интернета вещей является перспективным направлением, в котором уже начали работу ведущие компании в области геоинформационных услуг. Описанные в статье серверные решения и модули беспроводной связи, возможно, станут новым этапом развития и распространения геоинформационных систем. Использование концепции интернета вещей в геоинформационных системах позволит создавать карты «умных городов» и улучшать положение в таких областях, как транспорт, образование, здравоохранение, строительство, экологическая обстановка. Более того, интеграция интернета вещей вместе и геоинформационных систем позволит:

- оптимизировать работу городских служб, использующих датчики для контроля транспортных потоков, автобусных и служебных транспортных средств;
- отслеживать уровень шума и уровня загрязнения, а также качество воздуха;
- реализовать интеллектуальные парковочные системы, использующие датчики, которые позволят уведомлять посетителей о наличии свободных мест и отправлять водителей в ту точку, где свободно парковочное место;
- организовать интеллектуальное муниципальное освещение и управление энергией, позволяющее оптимизировать расход энергии в определенных областях, основываясь на нуждах потребителей;
- составить карты распределения населения с учетом таких учреждений, как школы, офисные здания, центры досуга, библиотеки и т.д.;
- усовершенствовать системы управления сбора отходов с интеллектуальными мусорными контейнерами, отслеживанием передвижения автомобилей сбора отходов, с составлением маршрутов сбора, с информированием о чистоте улиц, используя GPS;
- визуализировать на картах места строительства, с публикацией разрешений, плана застройки и сроков.

Список литературы

1. Информационный ресурс Forbin.com. Эволюция цифрового маркетинга. Часть 1. URL: <https://www.forbin.com/blog/post/the-evolution-of-digital-marketing-part-1-the-digital-inception-1990-1999-> (дата обращения: 07.11.2018).
2. Carstensen P.H., Schmidt K. Computer Supported Cooperative Work: New Challenges to Systems Design. 1999. URL:

http://cscw.dk/schmidt/papers/cscw_intro.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

3. Perera C., Liu C.H., Jayawardena S., Chen M. A Survey on Internet of Things From Industrial Market Perspective. 2014. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7004894> (дата обращения: 07.11.2018).

4. Landt J. The History of RFID. 2005. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1549751> (дата обращения: 07.11.2018).

5. Ahsan U., Bais A. A Review on Big Data Analysis and Internet of Things. 2016. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7815042> (дата обращения: 07.11.2018).

6. Marjani M., Nasaruddin F., Gani A., Karim A., Siddiq A. Big IoT Data Analytics: Architecture, Opportunities, and Open Research Challenges. 2017. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7888916> (дата обращения: 07.11.2018).

7. Информационный портал TAdviser.ru. Геоинформационная система. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Геоинформационная_система#.D0.97.D0.B0.D0.B4.D0.B0.D1.87.D0.B8_.D0.93.D0.98.D0.A1 (дата обращения: 07.11.2018).

8. Техническое описание формата файла ESRI Shapefile. URL: http://downloads.esri.com/support/whitepapers/mo_shapefile.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

9. Butler H., Daly M., Doyle A., Gillies S., Hagen S., Schaub T. Спецификация формата GeoJSON. URL: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc7946.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

10. Hall B., Leahy M.G. Open Source Approaches in Spatial Data Handling. 2008. P. 105–106.

11. Shuka D., Shivnani C., Shah D. Comparing Oracle Spatial and Postgres PostGIS. 2016. URL: <http://csjournals.com/IJC-SC/PDF7-2/16.%20Deepika.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

12. Компания Apache. HDFS Architecture. URL: <http://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-project-dist/hadoop-hdfs/HdfsDesign.html> (дата обращения: 07.11.2018).

13. Компания ESRI. Преимущества серверной платформы ArcGIS 10.5. URL: <http://www.esri.com/esri-news/arcnews/fall16/articles/arcgis-105-is-a-major-advancement-in-the-server-platform> (дата обращения: 07.11.2018).

14. Sunderman RJ, Ayare S. GeoEvent Server Introduction. URL: http://proceedings.esri.com/library/userconf/devsummit17/papers/dev_int_46.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

15. Mollenkopf A., Foss S. GeoEvent & Geo Analytics: Leveraging the spatiotemporal big data store. URL: http://proceedings.esri.com/library/userconf/fed17/papers/fed_103.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

16. Bisio R. Big data or bust: The geospatial data connection to IoT. 2016. URL: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/blog/IoT-Agenda/Big-data-or-bust-The-geospatial-data-connection-to-IoT> (дата обращения: 07.11.2018).

17. Lee J.-G., Kang M. Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. 2015. URL: <https://www.cs.helsinki.fi/u/jilu/paper/bigdataapplication03.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

18. Wang E., Lin X., Abhikary A., Grovlen A., Sui Y., Blankenship Y., Bergman J., Razaghi H.S. A Primer on 3GPP Narrowband Internet of Things (NB-IoT). URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1606/1606.04171.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

19. Zanella A., Bui N., Castellani A., Vangelista L., Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities. 2014. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6740844> (дата обращения: 07.11.2018).

20. Компания Rohde-Schwarz. Narrowband Internet of Things. URL: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma266/1MA266_0e_NB_IoT.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

21. Справочная система «Техэксперт». Устройства исполнительные для систем автоматического регулирования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-14691-69> (дата обращения: 07.11.2018).

22. Компания Huawei. NB-IoT: Enabling New Business Opportunities. URL: http://www.huawei.com/minisite/iot/img/nb_10t_whitepaper_en.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

23. GSMA: 3GPP Low Power Wide Area Technologies. 2016. URL: <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2016/10/3GPP-Low-Power-Wide-Area-Technologies-GSMA-White-Paper.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

24. SARA-N2 Datasheet. URL: https://www.u-blox.com/sites/default/files/SARA-N2_DataSheet_%28UBX-15025564%29.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

25. Quectel BG96 Datasheet. URL: http://www.quectel.com/UploadFile/Product/Quectel_BG96_LTE_Specification_V1.0.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 37.01

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ: ФИЛОСОФСКИЙ АСПЕКТ****Белошицкий А.В., Киргинцева Н.С., Нечаев С.А.***Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: alexandr_beloshitskiy@mail.ru*

В статье рассматриваются теоретические основы организации самостоятельной учебной работы в образовательной среде образовательных учреждений высшего образования с точки зрения методологии постнеклассики. Последняя оказывает существенное влияние на современную науку и культуру и характеризуется усилением роли субъекта в познавательном процессе. Постнеклассическая методология ориентирует научный поиск на изучение не только сложных антропоцентричных саморазвивающихся систем. В фокусе её внимания находятся сверхсложные самоорганизующиеся системы. Для постнеклассики типичен междисциплинарный (трансдисциплинарный) характер научного поиска. Наука исследует, прежде всего, проблемы, связанные с человеком и человеческой деятельностью. Показано, что образовательная среда на современном этапе становится одним из основных элементов образовательного процесса. В связи с этим процесс обучения человека может быть представлен в виде саморазвивающейся исторической системы. Важным дидактическим принципом при этом является принцип открытости систем и сред. Основными компонентами структуры деятельности (в том числе и учебной) являются не только потребности, мотивы, процессы целеполагания и целевыполнения, но и компоненты, обеспечивающие коррекцию деятельности – саморегуляция и управление. К саморазвивающимся системам отнесены субъекты образовательной деятельности, образовательные системы и образовательные среды. Сфера образования интерпретируется как среда возможностей.

Ключевые слова: самостоятельная учебная работа, образовательная среда, саморегуляция, постнеклассическая методология

**THEORETICAL FOUNDATIONS OF SELF-INSTRUCTION WITHIN
THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT: A PHILOSOPHIC VIEW****Beloshitsky A.V., Kirgintseva N.S., Nechaev S.A.***Military training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovskiy and Yu.A. Gagarin», Voronezh, e-mail: alexandr_beloshitskiy@mail.ru*

The paper deals with theoretical foundations of self-instruction management within the educational environment of a higher educational institution from the viewpoint of postnonclassical methodology. The rationality of postnonclassical science and culture is characterized by consolidation of the knower's role in the cognition process. Within the framework of postnonclassical methodology the science researches not only sophisticated self-developing human-oriented systems, but also supersophisticated self-organising systems. Postnonclassics is characterized by interdisciplinary (transdisciplinary) scientific inquiry. The science is being focused on human-related problems, and the ones connected with human activity. It is demonstrated that an educational environment currently is becoming one of the significant constituents of the educational process. With respect to this the learning process can be presented as a self-developing historic system. The principle of systems and environments' openness is the leading didactic principle in this case. The main components of activity structure (including learning) are not only needs, motivation, goal-setting and goal-achieving, but also the components which ensure activity correction – self-regulation and self-direction. The subjects of learning activity, educational systems and environments are viewed as self-developing systems. Education sector is treated as capabilities environment.

Keywords: self-instruction, educational environment, self-regulation, postnonclassical methodology

Появление нового типа военных образовательных учреждений высшего образования – военных учебно-научных центров (ВУНЦ), в которых осуществляется подготовка различных категорий обучающихся, отличающихся возрастом, а также уровнем подготовки, создает уникальную дидактическую ситуацию. По сути, в ВУНЦ реализуется современная модель непрерывного образования – образование в течение жизни. Одним из ключевых элементов этой системы является самостоятельная работа обучающихся, которая представляет собой ведущую форму учебной де-

ятельности в образовательных организациях на современном этапе.

Важность самостоятельной работы подтверждается тем, что в законе «Об образовании в Российской Федерации» «Обязанности и ответственности обучающихся» (ст. 43) отмечается, что обучающиеся обязаны «...осуществлять самостоятельную подготовку к занятиям», а в обязанности и ответственности педагогических работников (ст. 48) входит требование развивать у обучающихся познавательную активность, самостоятельность, инициативу [1].

Проблема эффективности самостоятельной работы особенно актуальна в настоящее время. Это связано с изменениями в системе образования, необходимостью индивидуального подхода в проектировании траектории профессиональной подготовки. Для оптимального решения проблемы организации эффективной самостоятельной работы необходим синтез идей, разработанных концептуальных положений.

В статье [2] рассматривается модель развития российского образования до 2020 г. и утверждается, что граждане, которые получили профессиональное образование и желают усовершенствовать имеющиеся навыки или получить новые, являются ключевым ресурсом экономики. Констатируется, что для этого необходимо развивать как неформальное образование, так и информальное (спонтанное) образование, которое реализуется за счет собственной активности индивидов в соответствующей образовательной среде.

Как известно, самостоятельная работа и образовательная деятельность являются специфическими видами деятельности. Следует отметить, что проблеме организации самостоятельной работы уделяется значительное внимание в разработках отечественных ученых. В понимании некоторых исследователей (в частности, А.М. Новикова) деятельность представляет собой процесс взаимодействия с окружающей средой, в котором человек проявляет свою субъектность, удовлетворяя свои потребности путём целенаправленного воздействия на объекты окружающей действительности. Такая трактовка деятельности, а также сопоставление подходов философии, психологии и системного анализа позволили А.М. Новикову разработать общую схему структуры деятельности [3]. В ней наряду с основными структурными компонентами (потребности, мотивы, процессы целеполагания и целевыполнения) выделяются компоненты, обеспечивающие коррекцию деятельности – саморегуляция и управление. Первый компонент соотносится с индивидуальной деятельностью субъекта, второй – с коллективной деятельностью. По мнению автора работы [4], саморегуляция представляет собой одно из базовых (фундаментальных) понятий и, как следствие, является предметом внимания практически во всех отраслях знания. Анализ наиболее значимых аспектов саморегуляции позволил автору прийти к выводу о том, что междисциплинарный анализ саморегуляции как сложного феномена, обладающего закономерным строением, позволит решить указанную проблему. А.М. Нови-

ков предлагает следующую структуру саморегуляции: «принятая субъектом цель его деятельности – модель значимых условий деятельности – программа собственно исполнительских действий – система критериев успешности деятельности – информация о реально достигнутых результатах – оценка соответствия реальных результатов критериям успеха – решение о необходимости и характере коррекции деятельности» [3, с. 27–28].

Другим важным элементом в структуре деятельности человека, оказывающим на неё влияние, является среда. Рассматривая деятельность как сложную систему, А.М. Новиков отмечает, что «среда является важнейшей категорией системного анализа и представляет собой совокупность всех объектов/субъектов, не входящих в систему, изменение свойств и/или поведение которых влияет на изучаемую систему, а также тех объектов/субъектов, чьи свойства и/или поведение которых меняются в результате поведения системы» [3, с. 28; 5, с. 162]. Каким образом среда оказывает влияние на саморазвитие человека, на его самообразование и самостоятельную учебную деятельность? Цель настоящей работы заключается в поиске ответа на данный вопрос с позиций философии и предполагает применение методов теоретического анализа научной и методической литературы, электронных информационных ресурсов по проблеме, систематизации и обобщение педагогического опыта. Материалами исследования послужили работы отечественных исследователей в сфере методологии, философии (в том числе философии образования), педагогики и других наук.

Развитие науки показывает, что решение определенных научных задач может осуществляться в рамках конкретной дисциплины или направления либо в рамках междисциплинарного или трансдисциплинарного подхода. Вопросы образования исследуются дидактикой, педагогикой, андрагогикой, геронтологией, философией образования и др. Кроме того существует предметная область, «которая пока не имеет названия и не объединена общей теоретической базой» и которую условно предлагается называть «образовательным средоведением» [6, с. 204]. Проблемы, которые невозможно решить в рамках педагогики, А.М. Новиков предлагает решать путем создания метадисциплин – эдукологии или теории образования. Однако разработка таких монодисциплин требует продолжительного времени, а также создания научных школ.

С другой стороны, эти проблемы могут решаться с позиции «созидательного поли-

лога» монодисциплин [7]. Истоки данного подхода можно найти в возникновении таких научных дисциплин, как биофизика, химическая физика или физическая химия. Данные науки являются бинарными конструкциями, в которых одна дисциплина является ведущей, предоставляющей свой методологический базис «ведомой» дисциплине. Как отмечает В.Е. Клочко, «...начинают складываться некоторые черты и признаки нового (трансдисциплинарного) этапа, при этом наблюдается переход от закрытости монодисциплин, что являлось условием сохранения суверенности, к установке на открытость научных дисциплин» [7]. Выбирая «полилог дисциплин» в качестве основы трансдисциплинарного подхода к проблеме организации самостоятельной учебной работы, рассмотрим, как в современной философии трактуют деятельность по саморазвитию и саморегуляции, а также вопросы влияния среды на эти процессы.

В философии одной из ведущих современных концепций является идея рациональности, которая исследовалась в работах В.С. Швырёва, В.С. Степина, В.В. Попова, Б.С. Щеглова, В.С. Меськова, О.В. Архиповой, А.А. Мамченко. Под рациональностью будем понимать, как указано в словаре [8, с. 485], относительно устойчивую «совокупность правил, норм, стандартов, эталонов духовной и материальной деятельности, а также ценностей, общепринятых и однозначно понимаемых всеми членами данного сообщества», а также «формально-логический стандарт мышления» [9, с. 134]. Для уточнения особенностей современной рациональности проведём ретроспективный анализ исследуемого концепта.

Многие исследователи (В.С. Степин, В.С. Меськов, О.В. Архипова, А.А. Мамченко и др.) выделяют три стадии исторического развития науки, которым соответствуют три исторических типа научной рациональности: классическая рациональность, неклассическая рациональность и постнеклассическая рациональность, связанная с радикальными изменениями в основаниях науки. Причём, как отмечается, каждый следующий тип рациональности не исключает, а только ограничивает область действия предыдущего. В результате этого его применимость сводится к решению определённых проблем и задач [10]. В.С. Степин утверждает, что «...первым критерием различения классической, неклассической и постнеклассической рациональности является тип системной организации осваиваемых объектов» [11, с. 250]. С этой точки зрения все объекты делятся на простые, для работы с которыми целесообразно применение классической

рациональности, сложные саморегулирующиеся, подвергающиеся анализу в рамках неклассического типа рациональности, и, наконец, сложные, саморазвивающиеся, осваивать которые позволяет постнеклассическая рациональность.

В русле классической рациональности свойства системы зависят от свойств составляющих ее объектов (элементов), тогда как свойства элемента независимы от того, находится ли он в системе или вне её. Следует отметить, что в классической картине мира объект трактовался как первичный субстрат, процесс рассматривался как воздействие одного объекта на другой посредством сил. С точки зрения неклассической и постнеклассической картины мира объект является самовоспроизводящейся процессуальной системой, а самовоспроизведение обусловлено взаимодействием со средой и осуществляется благодаря саморегуляции. Иначе интерпретирующая категории части и целого. «Включение элементов (частей) в систему и их свойства внутри системы определяются характером ее целостности. В сложных системах целое обладает особым системным качеством, нередуцируемым к свойствам составляющих его частей. Оно не только зависит от свойств составляющих частей, но и определяет эти свойства» [11, с. 259].

Краеугольным камнем постнеклассической рациональности выступает идея структурного описания эволюции, что обусловило изменение концепции саморегулирующихся систем. В новой системе представлений объекты исследования рассматривают как саморазвивающиеся системы. Рассмотрим различия саморегулирующихся и саморазвивающихся систем. Отметим, что отличия саморегулирующихся и саморазвивающихся систем в преломлении к проблемам, исследуемым дидактикой, специально не изучались. Необходимо подчеркнуть, что понятие саморегуляции не чуждо концепции саморазвивающихся систем. Саморегуляция имманентно присуща подобным системам. Вместе с тем саморазвивающиеся системы характеризуются более сложным типом системной организации. В ходе развития в системе происходит изменение вида саморегуляции и возникают новые уровни организации, которые, в свою очередь, перестраивают предыдущие уровни и порождают новую целостность. Кроме этого в системе создаются новые подсистемы, изменяется подсистема управления [12]. Будучи саморазвивающейся, система должна сохранять свою открытость, обмениваться веществом, энергией и информацией с окружающей её внешней средой в процессе своего развития. Вместе с тем характер

этих процессов меняется при изменении типа самоорганизации, адаптирующей систему к окружающей среде. Таким образом, «сложные саморегулирующиеся системы можно рассматривать как устойчивые состояния более сложной целостности – саморазвивающихся систем» [12, с. 10]. Характерно, что определенные представления дополняются новыми смыслами.

В.С. Степин в своих работах не рассматривает подробно проблемы образования, однако на основе выдвинутых им идей вопросы применения данного подхода к образованию вообще и к образовательным средам в частности рассмотрены в работах О.В. Архиповой, В.С. Меськова и А.А. Мамченко.

Общий подход к влиянию рациональности на образование в глобальном масштабе раскрыт в работах О.В. Архиповой [13, 14]. На наш взгляд, представляется целесообразным согласиться с мнением автора о том, что правомерно экстраполировать логику развития научной рациональности на явления культуры. Это объясняется тем, что рациональность как фундаментальная характеристика человеческой деятельности репрезентирует культурную ценность. Вместе с тем вне рациональности не существует культуры. По своей сути образование, в свою очередь, – это определенного вида культура, «...специфический феномен жизни социума, предназначенный для передачи опыта поколений, воспроизводства и умножения всей полноты человеческого бытия» [13, с. 11]. В анализируемой работе прослеживается генезис идей образования, а также теоретически обобщен опыт педагогики в эпоху классической, неклассической и постнеклассической культуры. Последняя, по мнению автора [12], является генерирующим фактором трансформации образования. Ведущими характеристиками классического типа рациональности, как известно, являются ясность, устойчивость, детерминированность. Они репрезентируются системой образования в реальной педагогической практике. В классическом типе культуры основным способом реализации образования становится субъектно-объектная схема взаимодействия преподавателя и обучаемого. Такая схема коррелировала с общим вектором развития индустриального общества, которое задавало четкие требования к навыкам специалиста, способного к реализации производственных задач. Следует отметить, что на этапе классической рациональности понятие среды еще не было определено, хотя о её важности в процессе обучения говорили ещё Я. Коменский и Дж. Локк. Классическая дидактика, развивавшаяся в русле классической

рациональности, трактует обучаемого как некий абстрактный объект-субъект, способный к целенаправленному изменению своего поведения в мире физической реальности (среде) под воздействием дидактических приёмов. Среда является внешним, второстепенным фактором, который лишь косвенно влияет на образовательный процесс.

Неклассический период европейского образования обозначен временными рамками XIX–XX вв. Неклассическая культура характеризуется такими параметрами, как сложность, неустойчивость, вероятностность, неравновесность, а также необратимость. Кроме прочего субъективность приобретает универсальный характер. Развитие образования в конце XIX–XX вв. характеризуется парадигматностью, что воплотилось в различных педагогических концепциях с преобладанием идеи плюрализма. Данная тенденция соответствует продолжающемуся и сейчас движению по пути универсализации и сближения философии и науки, философии и образования, когда «философские принципы «все открыто для критики», «отсутствия монополии на истину», «плюрализма мнений»» [15, с. 363] становятся центральными в моделировании различных социальных систем. На смену концепции поступательного восхождения человечества по пути прогресса приходит позиция перманентного движения человечества, развития с непонятной перспективой и отсутствием гарантий достижения целей. Как отмечено в работе [16, с. 58], «формируется «голографический» образ человека как индивидуализирующейся личности, как деятельного существа, свободного, волящего и ответственно избирающего свою судьбу, ориентируясь на обновленный образ единства мира».

Антрополого-педагогические, философские и социальные исследования определили неклассические интенции отечественного образования. Постнеклассический период охватывает период с конца XX в. до начала XXI в. Постнеклассическая рациональность оказывает существенное влияние на современные науку и культуру и характеризуется усилением роли субъекта в познавательном процессе. Постнеклассическая методология ориентирует научный поиск на изучение не только сложных антропоцентричных саморазвивающихся систем. В фокусе её внимания находятся сверхсложные самоорганизующиеся системы. Постнеклассика отличается междисциплинарным (трансдисциплинарным) характером научного поиска. Это во многом объясняется тем, что «для описания и моделирования... сложностных рефлексивных образований

и сверхсложных неравновесных систем требуются междисциплинарные исследования» [17]. Наука всё больше ориентирована на проблемы, связанные с человеком и человеческой деятельностью. Ряд работ (например, [18, 19]) непосредственно увязывает развитие постнеклассической науки с «человекомерными», социальными системами, подчеркивая стохастический характер их развития.

Следует подчеркнуть, что исследователи характеризуют современное общество как систему, находящуюся в неравновесном состоянии [20], транзитивное общество [21]. Это даёт основание применять к анализу закономерностей его функционирования синергетический подход. Так, например, Т.Э. Дусь предлагает использовать идею синергетико-коммуникативно-диалогического образования в качестве концептуальной основы современной философии образования [22].

Классические и неклассические подходы к образованию синтезировались в постнеклассической науке и культуре. Идеи постнеклассики находят выражение в культуро- и антропоцентристских концепциях, концепции непрерывного образования, обучения людей в течение всей жизни (life-long learning), обучения с использованием всех имеющихся в распоряжении субъекта образовательной деятельности ресурсов (life-wide learning), дистанционного (дистантного) обучения, а также дополнительного внеинституционального образования. Определяя основные задачи, стоящие перед современной высшей школой, М.Ю. Горбухова отмечает, что усилия должны быть направлены в первую очередь на формирование личности обучающегося как субъекта постнеклассической науки, осознающего необходимость интеграции подходов, используемых как естественными, так и гуманитарными науками [23]. По замечанию О.В. Архиповой, в постнеклассическом образовании неформальный характер образования получает развитие, «...что свидетельствует об их соответствии нелинейным, индивидуальным, экзистенциально ориентированным ценностям постнеклассической культуры» [13, с. 25]. Однако в исследовании О.В. Архиповой не раскрыты вопросы взаимодействия субъектов со средой, она оперирует в работе термином «пространство».

Вопросы взаимодействия субъектов со средой, средовый подход раскрывается в работах В.С. Меськова и А.А. Мамченко, в которых описаны три модели Универсума, репрезентирующего всю объективную реальность во времени и пространстве, и являющегося фиксированной системой

объектов [24, 25]. Первая «классическая» монистическая модель описывает макромир. При этом все явления данного мира сводятся к макрообъектам либо их производным. Классическая модель всё ещё остается рабочим инструментом для некоторых наук и областей деятельности.

Вторая неклассическая бинарная модель описывает явления микромира. Следует отметить, что термин «микромодель», который используется в названии данной модели, не совсем адекватен тем объектам, с которыми работают при использовании этой модели, и исторически обусловлен тем, что впервые использовался при описании элементарных частиц.

Постнеклассическая тринитарная модель, описывая инфомир, трактует объекты Универсума в виде инфообъектов, которые должны иметь особые свойства. Причем данные свойства не должны быть присущими объектам макро- и микромира. В качестве таких свойств выступают неделимость инфообъектов, которые задаются неразрывной триадой идеализированных объектов: субъект, среда, контент. При такой трактовке открывается возможность включения субъекта в явном виде в научную картину мира на уровне модели. Субъект в постнеклассическом подходе обладает имманентными чертами, среди которых существование, целостность и наличие внутренней мотивации к деятельности. Субъект как компонент триады участвует во всех процессах инфомира и неотделим от среды и информации. При этом именно он инициирует процессы, чтобы пройти цикл трансформации и таким образом осуществить саморегуляцию. Одновременная трансформация субъекта и среды в результате цикла трансформации инфообъекта приводит к переходу информации в метаинформацию, а затем в её экземплификат (подобие). Результаты трансформации можно использовать для последующих циклов. Важно подчеркнуть, что в результате цикла трансформаций субъекта конкретного уровня появляется метаинформация, которая, в свою очередь, может выступать базовой информацией для цикла трансформаций следующего метауровня и так далее.

На основе данного общего теоретического описания постнеклассической методологии можно построить «прикладные» приложения. Так, на базе постнеклассической методологии разработана методология когнитивной деятельности [25]. В свою очередь, последняя послужила базой для создания приложения методологии когнитивной деятельности к образовательным процессам. В качестве таковой выступила постнеклассическая модель образователь-

ных процессов, в которой предусмотрено включение субъекта в научную картину мира в качестве информационного и целостного объекта.

Такой подход позволяет рассматривать сферу образования как среду возможностей. Сегодня развитие общества характеризуется интенсификацией информационных процессов и лавинообразным ростом знаний. Люди, по сути, становятся информационными объектами, функционирующими в информационном мире, мире информационных объектов. Все объекты данного мира (в частности, информационная сфера, пространство смыслов, среда, в которой существует человек и его культурные сообщества) подвержены взаимовлиянию, вызывающему взаимную трансформацию. По выражению В.Е. Лепского, «такой подход предполагает нередуцируемое многообразие, плюрализм разных позиций, точек зрения, ценностных и культурных систем, вступающих друг с другом в отношения диалога и меняющихся в результате взаимодействия» [26, с. 31].

В заключение отметим, что на современном этапе развития общества и образования как способа самоактуализации индивида возможным и целесообразным становится применение постнеклассической рациональности, которая позволяет, во-первых, исследовать процессы, происходящие в саморазвивающихся системах, во-вторых, предлагать практические рекомендации по организации образовательного процесса в целом и организации самостоятельной работы обучающихся в частности.

К саморазвивающимся системам могут быть отнесены субъекты образовательной деятельности, образовательные системы и образовательные среды. Образовательная среда на современном этапе является одним из основных компонентов образовательного процесса, так как в условиях увеличения доли самостоятельной работы обучающихся может стать фактором, оказывающим ориентирующее влияние на них. В результате процесс обучения может быть представлен в виде саморазвивающейся исторической системы. Важным дидактическим принципом становится принцип открытости систем и сред. Человек (обучающийся) рассматривается как открытая система в открытой образовательной среде.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]: (ред. от 01.05.2017). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 03.11.2018).
2. Волков А.Е., Кузьминов Я.И., Реморенко И.М., Рудник Б.Л., Фруммин И.Д., Якобсон Л.И. Российское образование – 2020: модель образования для инновационной эконо-

- мики. Материал для обсуждения // Вопросы образования. 2008. № 1. С. 32–63.
3. Новиков А.М. Методология образования. Издание второе. М.: «Эгвес», 2006. 488 с.
4. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: словарь системы основных понятий. М.: Либроком, 2013. 208 с.
5. Батоцыренов В.Б. Понятие «Саморегуляция»: терминология и основные подходы // Вестник ЗабГУ. 2011. № 6. С. 67–72.
6. Новиков А.М. Развитие отечественного образования. Полемиические размышления. М.: Эгвес, 2005. 176 с.
7. Клочко В.Е. Когнитивная наука: от междисциплинарного дискурса к трансдисциплинарному ракурсу // Сибирский психологический журнал. 2012. № 46. С. 23–32. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000486989> (дата обращения: 03.11.2018).
8. Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Республика, 2001. 719 с.
9. Словарь философских терминов. 2-е изд., доп. и испр. Кемерово, 2011. 255 с.
10. Попов В.В., Щеглов Б.С. Постнеклассическая рациональность как формирование новой философской парадигмы // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 2. С. 136–140.
11. Степин В.С. Классика, неклассика, постнеклассика: критерии различия // Постнеклассика: философия, наука, культура. СПб.: Издательский дом «Мирь», 2009. С. 249–295.
12. Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность // Вопросы философии. 2003. № 8. С. 5–17.
13. Архипова О.В. Идея образования в контексте постнеклассической культуры: автореф. дис. ... д-ра. филос. наук: 24.00.01. Санкт-Петербург, 2012. 50 с.
14. Архипова О.В. Философско-культурные основания образования в течение жизни: постнеклассический контекст // Непрерывное образование: XXI век. 2013. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/filosofskokulturnye-osnovaniya-obrazovaniya-v-tchenie-zhizni-postneklassicheskiy-kontekst> (дата обращения: 30.10.2018).
15. Сабиров А.Г. Философизация как закономерность развития постнеклассической науки // Теория и практика современной науки. 2016. № 2 (8). С. 361–364.
16. Кнященко Л.П. Личность как голограмма в трансдисциплинарной культуре // Вопр. философии. 2017. № 11. С. 58–67.
17. Кузнецов В.Ю. Пересборка субъектов и проблема развития // Философия науки и техники. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/peresborka-subektov-i-problema-razvitiya> (дата обращения: 30.10.2018).
18. Войцехович В.Э. Антропный принцип как интегрирующее ядро постнеклассической науки // PHILOSOPHY AND COSMOLOGY. 2010. Т. 9. С. 33–37.
19. Попов В.В., Лойтаренко М.В. Самоорганизующиеся системы в контексте постнеклассической науки // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 3–2. С. 177–178.
20. Попов В.В., Музыка О.А. Концептуальный подход к транзитивному обществу // Манускрипт. 2016. №12-3 (74). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnyy-podhodk-tranzitivnomu-obschestvu> (дата обращения: 31.10.2018).
21. Федотова М.Г. К содержанию понятия «Транзитивное общество» // Вестник ВятГУ. 2010. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-soderzhaniyu-ponyatiya-tranzitivnoe-obschestvo> (дата обращения: 31.10.2018).
22. Дусь Т.Э. Философские основания развития непрерывного профессионального образования // ОНВ. 2014. № 1 (125). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/filosofskie-osnovaniya-razvitiya-nepreryvnogo-professionalnogo-obrazovaniya> (дата обращения: 31.10.2018).
23. Горбухова М.Ю. Некоторые проблемы формирования студентов университета как субъектов постнеклассической науки // Современные исследования в области преподавания иностранных языков в неязыковом вузе. 2014. № 3. С. 22–35.
24. Меськов В.С., Мамченко А.А. Образование для обществ знания: постнеклассическая модель образовательных процессов // Ценности и смыслы. 2010. № 2. С. 17–49.
25. Меськов В.С., Мамченко А.А. Мир информации как тринитарная модель Универсума. Постнеклассическая методология когнитивной деятельности // Вопросы философии. 2010. № 5. С. 57–68.
26. Лепский В.Е. Аналитика сборки субъектов развития. М.: «Когито-Центр», 2016. 130 с.