СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 6, 2018

ISSN 1812–7320

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

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,858.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,391.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 21.06.2018
Дата выхода номера – 21.07.2018

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 33,75
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/6
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ НАУЧНОГО ТЕКСТА
Аюшеева Н.Н., Диких А.Ю. 9

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ НА ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ20, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ
Балякин А.В., Деменок В.А., Курбатов В.П. 14

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ПРОЕКЦИИ ГРАДИЕНТА В ЛИНЕЙНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ
Безряков В.В., Солодухин В.А., Цибизова Т.Ю. 20

АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СИСТЕМЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ГИРОКОМПАСИРОВАНИЯ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ДАТЧИКОМ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ
Белянин Л.Н., Дмитриев В.С., Ву Д.К. 25

ЗАДАЧА О ВЫЧИСЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ В СЛОИСТОМ МАССИВЕ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ШАХТОЙ
Бобылева Т.Н., Голобоков О.С. 34

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ПРИ СВЯЗЫВАНИИ ОБЪЕКТНЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ ПО СЕМАНТИКЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ
Бубарева О.А., Ведриганов С.А. 40

ФУНКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАРАБОТОК ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК СМЕСЬ ***N*** ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
Вайнштейн В.И. 44

ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРАЦИЯ ШУМОВ РАЗЛИЧНОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ
Воскобойников Ю.Е., Крысов Д.А. 50

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С ТЕРМОХИМИЧЕСКИМ УШИРЕНИЕМ В ОСНОВАНИИ
Глушков А.В., Хинканин Л.А., Соколов Н.С., Глушков И.В., Сергеев С.А. 55

ПОЛУЧЕНИЕ ЗОЛЯ НАНОЧАСТИЦ SIO_2 ИЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ
Горев Д.С., Потапов В.В. 62

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ
Еланцева Е.Н., Середа Т.Г., Костарев С.Н. 69

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА
Ефимов А.Ю., Попов А.А. 77

УРАВНЕНИЯ, ОПЕРАТОРЫ В ПРОСТРАНСТВАХ ПРОГРАММ И ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ
Казиев В.М., Казиева Б.В., Кодзоков А.Х., Нагоров А.Л. 82

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПНОЙ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ
Каменев С.В., Марусич К.В. 88

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ПЛАВКИ В ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ
Костюкова А.П. 96

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОСТАВЩИКА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ НОВОГО МОДЕЛЬНОГО РЯДА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
Макарова И.В., Буйвол П.А., Шубенкова К.А., Мухаметдинов Э.М. 101

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИК ИДЕНТИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ ФИБРОБЕТОНА
Матус Е.П. 107

ДИЗЕЛЬНО-ПАРОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
Мельников Е.И., Бердников А.А. 113

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРА НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО ДРЕВЕСНОЕ ВОЛОКНО, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА
Никулина Н.С., Стадник Л.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н. 118

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА
Новгородцева Т.Ю., Иванова Е.Н., Лесников И.Н., Родионов А.В., Каланда Ю.В. 123

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ЯЗЫКА R ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ МУЛЬТИКОЛЛИНЕАРНОСТИ ДАННЫХ
Орлова И.В. 129

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА С ГАСИТЕЛЕМ
Сафина Г.Ф. 138

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОМЕМБРАННОГО ПРИВОДА С ОГРАНИЧИТЕЛЕМ ИЗГИБНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕМБРАНЫ
Сысоев С.Н., Воздуган А.А., Тестов Д.М. 144

ОБ ИНДЕКСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЗАЩИТЕ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЛЕКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА
Трофимова А.В., Черников Б.В. 150

Педагогические науки (13.00.00)

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА ПОСРЕДСТВОМ ПРОЕКТНОГО МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ
Ахмедьянова Г.Ф. 157

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТАМИ-ФАРМАЦЕВТАМИ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ»
Брель А.К., Складановская Н.Н., Танкабекян Н.А., Кононович М.А., Жогло Е.Н. 163

ДИАЛОГОВАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ «МОЗГОВАЯ АТАКА» НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ, ЛЕСНОЕ ТОВАРОВЕДЕНИЕ»
Бурмистрова О.Н., Михеевская М.А. 168

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ И ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА»
Галактионов О.Н., Кузнецов А.В., Васильев А.С., Лукашевич В.М., Суханов Ю.В. 173

СУЩНОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖЭТНИЧЕСКОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ
Жукова О.В., Киргуева Ф.Х. 177

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ, ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ГАДЖЕТЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ (НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСТАНА)
Жумабаева Ч.Н., Бримкулов У.Н. 182

АНАЛИЗ ФАКТОРА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ У СТУДЕНТОВ МЛАДШИХ КУРСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ
Комкова Т.Ю., Тимофеев П.Г., Ягопольский А.Г. 188

МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ТЕХНИКУМА
Коновалов С.В., Бойкова И.В. *193*

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА КАК УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА В ВУЗЕ – ПРИНУЖДЕНИЕ ИЛИ ОСОЗНАННЫЙ ВЫБОР?
Кравченко В.М., Бартновская Л.А., Поповановa Н.А., Казакова Г.Н., Синдеева Л.В., Синдеев М.М. *199*

ФОРМИРОВАНИЕ КОММУНИКАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ МОЛОДЕЖИ ПОСРЕДСТВОМ ВЕДЕНИЯ ДОСУГОВЫХ ВИДЕОБЛОГОВ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ
Мележик О.В., Ганьшина Г.В. *204*

МЕТОДИКА АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ИННОВАЦИОННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
Наумкин Н.И., Шалабай Т.Л., Ломаткина М.В. *210*

ТРУДОВОЕ ВОСПИТАНИЕ КАК ОСНОВА ГАРМОНИЧНОГО РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ
Попович А.П., Гарин Э.В. *216*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ
Рудакова Л.В., Маркелова Н.В., Соловьева В.Д. *221*

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТУДЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ СЛУХА В ПРОЦЕССЕ АДАПТИВНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ В ВУЗЕ
Рябцев С.М., Гончарова М.С. *227*

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СРЕДСТВАМИ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ
Степанова О.А., Диденко Г.А. *233*

ТЕХНОЛОГИЯ ПОРТФОЛИО КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ МАТЕМАТИКОВ
Султанбаева Г.С. *238*

РАЗВИВАЕМ ЛЕВОЕ ПОЛУШАРИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА РЕШЕНИЕМ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗАДАЧ
Супрун Л.И., Супрун Е.Г., Устюгова Л.А. *244*

ФОРМИРОВАНИЕ У УЧАЩИХСЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ОГЭ ПО ФИЗИКЕ
Тишкова С.А., Коломин В.И. *250*

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ТРЕНАЖЕРА ПО ГЕОМЕТРИИ СРЕДСТВАМИ ГИПЕРТЕКСТОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ
Троицкая Е.А. *255*

СУЩНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Чернобровкин В.А., Пустовойтова О.В. *261*

КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЯ КАК СРЕДСТВО РЕАЛИЗАЦИИ ПРИКЛАДНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ УЧАЩИХСЯ 5–6-х КЛАССОВ
Эверстова В.Н., Эверстова Т.П. *266*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

MODEL OF CONSTRUCTING A SEMANTIC NETWORK OF SCIENTIFIC TEXT
Ayusheeva N.N., Dikikh A.Yu. 9

EFFECT OF PROCESSING BY MILLING ON THE SURFACE LAYER OF TITANIUM BT20 ALLOYS, OBTAINED BY METHOD OF DIRECT LASER DEPOSITION
Balyakin A.V., Demenok V.A., Kurbatov V.P. 14

MODIFIED METHOD OF GRADIENT PROJECTION IN LINEAR PROGRAMMING
Bezryakov V.V., Solodukhin V.A., Tsibizova T.Yu. 20

COMPUTATIONAL ALGORITHMS FOR ANALYTIC GYROCOMPASSING SYSTEM WITH ROTATING ANGULAR RATE SENSOR
Belyanin L.N., Dmitriev V.S., Vu D.K. 25

STRESSED STATE PROBLEM OF A LAYER MASSIVE WITH A VERTICAL CIRCULAR SHAFT
Bobyleva T.N., Golobokov O.S. 34

EVALUTION OF THE QUALITY OF SOFTWARE WHEN BINDING OBJECT SPECIFICATIONS ON THE SEMANTICS OF THE ONTOLOGICAL LEVEL
Bubareva O.A., Vedriganov S.A. 40

RECOVERY FUNCTIONS OF ELEMENTS OF TECHNICAL SYSTEMS WHICH OPERATION TIME DISTRIBUTION IS A MIXTURE OF *N* FUNCTIONS DISTRIBUTIONS
Vaynshteyn V.I. 44

WAVELET-FILTRATION OF NOISE DIFFERENT STATISTICAL NATURE
Voskoboynikov Yu.E., Krysov D.A. 50

INVESTIGATION OF THE WORK IN BASIS OF BORED PILES WITH THERMOCHEMICAL BROADENING
Glushkov A.V., Khinkanin L.A., Sokolov N.S., Glushkov I.V., Sergeev S.A. 55

OBTAINING A SOL OF SIO_2 NANOPARTICLES FROM HYDROTHERMAL SOLUTIONS
Gorev D.S., Potapov V.V. 62

MODELING OF ENVIRONMENTAL QUALITY MANAGEMENT PROCESSES IN THE ZONE OF IMPACT OF THE LANDFILL MUNICIPAL SOLID WASTE
Elantseva E.N., Sereda T.G., Kostarev S.N. 69

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USE OF HEAT OF THE PISTON COMPRESSOR
Efimov A.Yu., Popov A.A. 77

THE EQUATIONS, OPERATORS IN PROGRAMS SPACES AND COMPLEXITY ASSESSMENT
Kaziev V.M., Kazieva B.V., Kodzokov A.Kh., Nagorov A.L. 82

AUTOMATED MODELLING OF CHAIN HARMONIC DRIVE
Kamenev S.V., Marusich K.V. 88

INFORMATION SUPPORT OF MONITORING OF PROCESS OF MELTING IN INDUCTION CRUCIBLE FURNACES
Kostyukova A.P. 96

FORECASTING THE RELIABILITY OF THE SPARE PARTS SUPPLIER FOR A NEW MODEL RANGE OF ROAD VEHICLES
Makarova I.V., Buyvol P.A., Shubenkova K.A., Mukhametdinov E.M. 101

MODELING AND SUBSTANTIATION OF IDENTIFICATION METHODS
OF FIBER REINFORCED CONCRETE STRUCTURE
Matus E.P. 107

DIESEL-STEAM INTERNAL COMBUSTION ENGINE
Melnikov E.I., Berdnikov A.A. 113

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE MODIFICATOR
ON THE PROPERTIES OF MATERIAL CONTAINING WOOD FIBER,
USING MATHEMATICAL PLANNING OF THE EXPERIMENT
Nikulina N.S., Stadnik L.N., Nikulin S.S., Pugacheva I.N. 118

APPLICATION OF THE STATISTICAL PROCESSING EXPERT ESTIMATES
FOR DECISION OF TOPICAL OBJECTIVES THE EDUCATION
Novgorodtseva T.Yu., Ivanova E.N., Lesnikov I.N., Rodionov A.V., Kalanda Yu.V. 123

ANALYSIS TOOLS LANGUAGE OF R TO SOLVE THE PROBLEM
OF MULTICOLLINEARITY OF DATA
Orlova I.V. 129

STUDIES OF DIRECT AND INVERSE PROBLEMS FREE OSCILLATIONS
OF THE ROTOR WITH DAMPER
Safina G.F. 138

RESEARCH OF SINGLE-MEMBRANE ACTUATOR WITH RESTRICTOR
OF MEMBRANE FLEXURAL DEFORMATION
Sysoev S.N., Vozdugan A.A., Testov D.M. 144

THE INDEX SEQUENCE IN PROTECTION OF DOCUMENTS
BASED ON LEXICOLOGICAL SYNTHESIS
Trofimova A.V., Chernikov B.V. 150

Pedagogical sciences (13.00.00)

DEVELOPMENT OF CREATIVE POTENTIAL OF THE FUTURE ENGINEER
BY THE PROJECT METHOD OF TRAINING
Akhmedyanova G.F. 157

INTERACTIVE TRAINING METHODS POSSIBILITIES USED
FOR STUDENTS-PHARMACISTS STUDYING THE DISCIPLINE PHYSICAL
AND CHEMICAL BASES OF MEDICINAL SUBSTANCES PRODUCTION
Brel A.K., Skladanovskaya N.N., Tankabekyan N.A., Kononovich M.A., Zhoglo E.N. 163

DIALOGUE FORM OF TRAINING «BRAINSTORMING» ON THE EXAMPLE
OF DISCIPLINE «WOODWORKING, FOREST TREATMENT»
Burmistrova O.N., Mikheevskaya M.A. 168

MODERNIZATION OF THE PRINCIPAL EDUCATIONAL PROGRAM
«STATE FOREST MANAGEMENT AND FOREST COMPLEX TECHNOLOGIES»
Galaktionov O.N., Kuznetsov A.V., Vasilev A.S., Lukashevich V.M., Sukhanov Yu.V. 173

ESSENTIAL CHARACTERISTIC OF INTER-ETHNIC TOLERANCE
Zhukova O.V., Kirgueva F.Kh. 177

SOCIAL NETWORKS, DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES AND GADJETS
IN EDUCATIONAL PROCESS (THE CASE OF KYRGYZSTAN)
Zhumabaeva Ch.N., Brimkulov U.N. 182

UNCERTAINTY ANALYSIS OF PROFESSIONAL ORIENTATION OF FIRST-YEAR
STUDENTS AT THE TECHNICAL UNIVERSITIES
Komkova T.Yu., Timofeev P.G., Yagopolskiy A.G. 188

MODELS AND MECHANISMS FOR FORMING THE CULTURE OF THE INDEPENDENT WORK OF STUDENTS OF THE TECHNICAL CULTURE
Konovalov S.V., Boykova I.V. *193*

PHYSICAL EDUCATION AS AN ACADEMIC SUBJECT AT THE UNIVERSITY. IS IT AN ENFORCEMENT OR CONSCIOUS CHOICE?
Kravchenko V.M., Bartnovskaya L.A., Popovanova N.A., Kazakova G.N., Sindeeva L.V., Sindeev M.M. *199*

FORMING OF YOUTH COMMUNICATIVE CULTURE BY MEANING OF LEISURE VIDEO BLOGS IN THE INTERNET NETWORK
Melezhik O.V., Ganshina G.V. *204*

METHOD OF ANALYSIS OF THE STATE OF THE PROBLEM OF FORMATION IN STUDENTS OF COMPETENCE IN INNOVATIVE ENGINEERING ACTIVITIES
Naumkin N.I., Schalabay T.L., Lomatkina M.V. *210*

LABOR EDUCATION AS THE BASIS FOR HARMONIOUS DEVELOPMENT OF PERSONALITY
Popovich A.P., Garin E.V. *216*

INFORMATION SYSTEM OF QUALITY MANAGEMENT OF EDUCATION IN THE UNIVERSITY
Rudakova L.V., Markelova N.V., Soloveva V.D. *221*

PHYSICAL FITNESS EVALUATION OF HEARING-IMPAIRED STUDENTS IN THE PROCESS OF ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION IN THE HIGHER EDUCATION INSTITUTION
Ryabtsev S.M., Goncharova M.S. *227*

REALIZATION OF INFORMATION NEEDS OF TEACHERS IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL ACTIVITY BY MEANS OF INTERNET TECHNOLOGIES
Stepanova O.A., Didenko G.A. *233*

PORTFOLIO TECHNOLOGY AS A FORMING TOOL TO THE RESEARCH COMPETENCE OF FUTURE BACHELORS OF MATHEMATICS
Sultanbaeva G.S. *238*

DEVELOP THE LEFT HEMISPHERE OF THE BRAIN SOLUTION OF DESIGN PROBLEM
Suprun L.I., Suprun E.G., Ustyugova L.A. *244*

FORMATION AT STUDENTS OF EXPERIMENTAL SKILLS AT PREPARATION FOR THE OGE FOR PHYSICS
Tishkova S.A., Kolomin V.I. *250*

DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC SIMULATOR ON GEOMETRY BY MEANS OF HYPERTEXT TECHNOLOGY
Troitskaya E.A. *255*

ESSENCE AND IMPORTANCE OF PROJECT ACTIVITY FOR MODERN PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS
Chernobrovkin V.A., Pustovoytova O.V. *261*

CASE STUDY AS THE MEAN OF IMPLEMENTATION OF APPLIED MATHEMATICS ORIENTATION AMONG STUDENTS OF 5–6 CLASSES
Everstova V.N., Everstova T.P. *266*

УДК 004.822

МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ НАУЧНОГО ТЕКСТА

Аюшеева Н.Н., Диких А.Ю.

ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», Улан-Удэ, e-mail: anndonir@gmail.com, arkh1991@gmail.com

Настоящая статья посвящена описанию модели построения семантической сети научного текста на основе использования знаний онтологии предметной области. Система построения семантической сети научного текста состоит из модуля лексического и морфологического анализа, модуля выделения терминов и отношений, модуля вычисления весовых коэффициентов и модуля визуализации семантической сети. Модуль лексического и морфологического анализа разбивает весь входной поток предложений текста на лексемы и определяет их морфологические характеристики. Модуль выделения терминов и отношений вначале формирует на основе полученных лексем список терминов, а затем выполняет поиск функциональных и нефункциональных отношений между ними. Функциональные отношения определяются на основе анализа взаимного расположения терминов в пределах одного предложения. Для определения нефункциональных отношений терминам текста сопоставляются фреймы онтологии, а затем производится поиск связи между фреймами в самой онтологии. На основе частотных характеристик, а также места расположения терминов в тексте происходит вычисление весовых коэффициентов для терминов и отношений. На последнем шаге на основе всей полученной информации формируется взвешенный граф, вершинам которого соответствуют термины, дугам – отношения.

Ключевые слова: семантика текста, семантическая сеть, морфологический анализ, лексический анализ, онтология, научный текст

MODEL OF CONSTRUCTING A SEMANTIC NETWORK OF SCIENTIFIC TEXT

Ayusheeva N.N., Dikikh A.Yu.

East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, e-mail: anndonir@gmail.com, arkh1991@gmail.com

This paper is devoted to description the model of a scientific text semantic network construction on the basis of using a domain ontology knowledge. The system of a scientific text semantic network construction consists of a module for lexical and morphological analysis, a module for identification the terms and relationships, a module for calculating the weight coefficients, and a module for visualizing the semantic network. The module for lexical and morphological analysis divides the input stream of text sentences into lexemes and determines their morphological characteristics. The module for identification the terms and relationships, in the first place, forms a list of terms based on the obtained lexemes, and then search a functional and non-functional relations between them. The functional relations are determined after analysis of the relative disposition of terms in the one sentence. The frames of ontology are compared a text terms for the determination of the non-functional relations. Then the relations between the frames of ontology are found. Based on the frequency characteristics, as well as on the location of terms in the text, the weight coefficients of the terms and relations are calculated. At the last step, the weighted graph is formed on the basis of an all received information. In graph nodes correspond to terms and arcs – to relations.

Keywords: text semantic, semantic network, morphological analysis, lexical analysis, ontology, scientific text

Семантические сети были разработаны в качестве общего аппарата представления знаний. С момента их разработки они активно использовались в системах обработки естественного языка и оказались одним из самых наглядных способов представления семантики высказываний на естественном языке. Семантические сети являются инструментом представления сложных совокупностей объектов и отношений между ними, которые, в свою очередь, выступают в сети элементами знания [1]. Выводы в семантической сети основаны на анализе отношений между объектами. Модели семантической сети в значительной степени универсальны и являются легко настраиваемыми на любую конкретную предметную область. Задачи, связанные с извлечением знаний из текстов, обучающие системы, информационный поиск, реферирование, проверка корректности терминологических словарей и определений – это далеко не полный список задач, для решения которых успешно используются модели семантических сетей. Для создания семантической сети необходимо провести комплексный анализ текста, который позволит представить взаимосвязь объектов, их свойства и атрибуты, а также определить важность терминов и отношений текста, что даёт возможность сделать выводы о его содержании, наиболее и наименее важных фактах в рамках данного текста и их зависимостей друг от друга.

В настоящее время происходит рост объёмов обрабатываемой информации, в связи с чем растёт потребность в интеллектуальных системах. Следовательно, задачи семантического анализа графики, звука, текста приобретают всё большую

актуальность. Наибольшее применение в решении прикладных задач находят методы, базирующиеся на анализе факторных (статистических) характеристик слов и словосочетаний исследуемого текста. Существенной проблемой данных методов является невозможность отображения в полной мере содержания или смысла анализируемого объекта, например текста. Кроме того, при попытке извлечения знаний из построенной семантической сети могут произойти сложности с верной интерпретацией содержания представленных текстовых данных. В связи с вышесказанным для корректного построения семантической сети текста необходимо производить интеллектуальную обработку анализируемых данных, дающую возможность совместно с использованием нечеткой системы определять композиционную структуру текста, а также при помощи предметных онтологий выделять термины и отношения между ними. Предложенная в работе [2] технология построения семантической сети позволяет проследить последовательность действий такой интеллектуальной обработки. В данной работе предпринята попытка формализованного описания предложенной технологии с позиций морфологического представления системы построения семантической сети.

Описание модели системы построения семантической сети

Семантическая сеть, построенная для текстового документа, должна достаточно точно отображать смысл и семантику текста. Поэтому основной задачей при построении семантической сети текста является извлечение его семантики, которая будет максимально отображать смысловой аспект текста. Для решения данной задачи предлагается использовать систему, структурная схема которой представлена на рисунке.

Система построения семантической сети научного текста представляет собой четверку

$$D = (Ml, Mtr, Mw, Ms),$$

где *Ml* – модуль лексического и морфологического анализа;
Mtr – модуль выделения терминов и отношений;
Mw – модуль вычисления весовых коэффициентов;
Ms – модуль визуализации семантической сети.

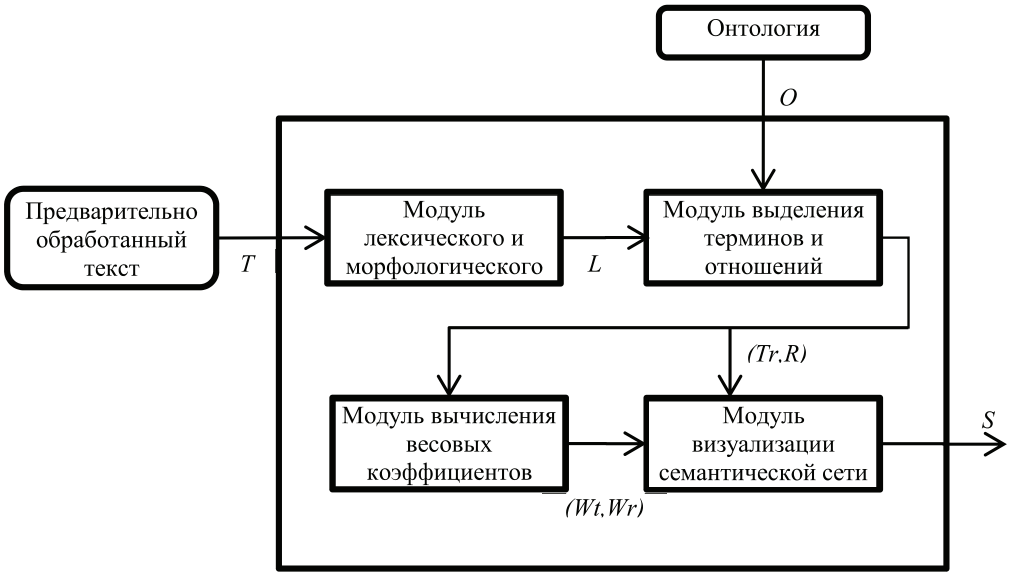
На вход данной системы поступает предварительно обработанный текст $T = \{p_i\}$, $i = 1..n$, где *p* – простое предложение, не имеющее однородных членов предложения, личных, указательных, относительных местоимений. На входе кроме этого мы имеем онтологию предметной области *O*.

Модуль лексического и морфологического анализа *Ml* на основе *T* формирует множество описаний лексем

$$L = \{Lx_i\}, i = 1..m,$$

$$Lx = (form, textForm, cid, vid, position, ftp),$$

где *form* – нормальная форма лексемы;
textForm – форма лексемы в тексте;



Структурная схема системы построения семантической сети

cid – код набора постоянных характеристик лексемы (например, часть речи);
vid – код набора временных характеристик (например, число, падеж);
position – порядковый номер лексемы в тексте;
ftp – код формального текстового признака.

Модуль выделения терминов и отношений *Mtr* на основе *L* и с помощью онтологии предметной области *O* формирует пару (*Tr*, *R*), где множество терминов $Tr = \{Trm_i\}$, $i = 1..t$, $Trm_j = \{Lx_j\}$, $j = 1..l$, и множество отношений $R = \{Rl_k\}$, $k = 1..r$, $Rl_i = (Trm_l, Rel, Trm_r)$, в котором тип отношения $Rel = Lx$ в случае наличия функционального отношения между Trm_l и Trm_r или $Rel \in$ {«class», «kind», «whole», «part»} в случае нефункционального отношения.

Модуль вычисления весовых коэффициентов *Mw* для пары (*Tr*, *R*) создаёт соответствующую ей пару (*Wt*, *Wr*), где $Wt = \{Wtr_i\}$ – вес Trm_i, $Wr = \{Wrl_k\}$ вес Rl_k.

Модуль визуализации семантической сети *Ms*, являясь агрегатором, собирает результаты работы *Mtr* и *Mw* и генерирует семантическую сеть *S* в виде взвешенного графа (*V*, *T*), где множество вершин $V = Tr$, множество отношений $T = R$, вес вершины $V_i = Wtr_i$, а вес отношения $R_k = Wrl_k$ [3].

Далее рассмотрим каждый модуль подробнее.

Модуль лексического и морфологического анализа

На этапе лексического анализа происходит определение содержательно-смысловых блоков текста.

В научном тексте лингвисты определяют четыре логически выделенных содержательных блока:

1) проблема – блок, в котором рассказывается о постановке и понимании проблемы;

2) опыт – блок, в котором перечислен опыт предшественников по данному направлению исследования;

3) решение – блок, в котором предлагается и обосновывается способ решения проблемы, его доказательства и аргументы;

4) итог – блок, в котором происходит обобщение всех полученных данных, а также подводится общий итог.

Для идентификации содержательно-смысловых блоков используется метод поиска формальных текстовых признаков, которые употребляются в том или ином блоке [3].

Для каждого блока существует своё множество текстовых признаков. Так, для блока «Проблема» множество текстовых признаков M_p = {«в данной статье», «в данной работе», «в статье», «рассмотрим», …}, для блока «Опыт» – M_e = {«в своих работах», «исходя из опыта ученых», «вспомним», «утверждает, что», …}, для блока «Решение» M_d = {«анализ показал», «исследование показало», «заметим, что», «можно выделить», «нужно заметить», …}, для блока «Итог» M_t = {«можем сделать вывод», «в итоге», «отсюда», «таким образом»,…}. Множество $M = \{M_p, M_e, M_d, M_t\}$ есть множество формальных текстовых признаков, определяющих различные блоки текста. Так как один и тот же формальный текстовый признак может принадлежать разным блокам, для определения значения *ftp* для всех Lx_i, выделенных в данном абзаце текста, используется нечёткий регулятор [3].

Лексический анализ необходим для разбиения текста документа *T* на последовательность лексем *L*. Символы входной последовательности могут принадлежать каким-либо лексемам – *A* = {«а», «б», «в», «г», «д», «е», «ё», «ж», «з», «и», «й», «к», «л», «м», «н», «о», «п», «р», «с», «т», «у», «ф», «х», «ц», «ч», «ш», «щ», «ъ», «ы», «ь», «э», «ю», «я», «А», «Б», «В», «Г», «Д», «Е», «Ё», «Ж», «З», «И», «Й», «К», «Л», «М», «Н», «О», «П», «Р», «С», «Т», «У», «Ф», «Х», «Ц», «Ч», «Ш», «Щ», «Ъ», «Ы», «Ь», «Э», «Ю», «Я», «0», «1», «2», «3», «4», «5», «6», «7», «8», «9», «№»}, а могут являться символами-разделителями – *Dv* = {«!», «?», «.», «,», « », «:» «;»}. Только в редких случаях между лексемами не бывает разделителей. *Ml* представляет каждое $p_i \in T$ в виде последовательности символов *X*. На основе анализа вхождения очередного $x_i \in X$ в множества *A* и *Dv* можно определить значение *textForm* и *position* для очередной лексемы $Lx_i \in L$.

Для проведения морфологического анализа используется функционал библиотеки Mcr.dll, реализующей доступ к словарю на основе *n*-грамм [4], который позволяет для лексемы Lx_i с определённым значением *textForm* определить значения *form*, *cid*, *vid*.

Модуль выделения терминов и отношений

В данной работе выделение терминов базируется на поиске субстантивных именных словосочетаний, представляющихся моделью *согласуемое слово + существительное*. Согласно этой модели основой словосочетания является *существительное*, а в качестве зависимого выступает *согласуемое слово*, которое, как правило, представляется в виде имени существительного или имени прилагательного. Состав именного словосочетания не ограничивается только существительным и прилагательным. Так же в словосочета-

нии можно встретить наречия, предлоги и сочинительные союзы.

Для выделения терминологических словосочетаний используется КС-грамматика, описанная в работе [2]. Грамматика позволяет определять семантическую связность подряд идущих лексем и определить очередной $Trm_i \in T_r$. Данная грамматика базируется на принципе согласованности лексем, т.е. словоформа в словосочетании должна быть связана с другими словоформами и подходить к ним по временным характеристикам, таким как род, число и падеж.

Стоит учесть, что данные правила не позволяют выделять словосочетания, которые однозначно являются терминологическими. Как правило, качественные и притяжательные прилагательные не входят в их состав (*большой дом*, *широкое распространение*) за некоторым исключением. Для определения разряда прилагательного можно успешно использовать Национальный корпус русского языка (ruscorpora.ru).

В научном тексте для построения семантической сети между терминами выделяются квалитативные и квантитативные отношения [5]. Квалитативными отношениями являются отношения иерархии – «род – вид», отношения агрегации – «целое – часть» и функциональные отношения, отражающие прагматику предметной области и имеющие вид «объект действия – действие – субъект действия». Из квантитативных отношений в рамках данной работы рассматривалось только отношение тождества – «синоним».

Выделение очередного функционального отношения $Rl_i \in R$ происходит с помощью поиска в тексте Lx_j со значением *cid*, определяющим часть речи – глагол и находящуюся между *Trmi* и *Trmi* + 1. В таком случае, $Rel = Lx_j$.

Для выделения нефункциональных отношений происходит анализ онтологии O на предмет наличия в них описания терминов Tr [6]. Таким образом, Trm_i может быть сопоставлен фрейм O_j. Если фрейм O_i имеет ссылку, определяющую квалитативное отношение, на фрейм O_j, то следовательно можно утверждать, что между соответствующим фреймам Trm_i и Trm_j также будет квалитативное отношение. В таком случае *Rel* определяется как «class», «kind», «whole» или «part» в зависимости от типа обнаруженного квалитативного отношения.

Модуль вычисления весовых коэффициентов

В качестве вершин семантической сети научного текста используются термины. Дугами же являются отношения между ними. Весовой коэффициент позволяет количественно определить значимость термина и отношения. Определение весовых коэффициентов терминов и отношений текста является одной из приоритетных задач, так как данные характеристики позволяют определить важнейшие идеи и основную суть всего текста. Под «значимостью» подразумевается как «наличие смысла, значения», так и отношение данного термина к другим терминам в рамках текста. Определение значимости термина происходит на основе анализа критериев значимости:

– частота встречаемости w_1: если термин часто встречается в тексте, он образует большее количество отношений;

– категория текста w_2: термины, соответствующие тематике текста, являются более значимыми, чем остальные;

– содержательно-смысловой блок w_3: термины, встречающиеся в основных содержательно-смысловых блоках, например «итог» или «проблема», являются более значимыми для определения смысла текста.

Для термина *Trmi* w_1 рассчитывается по формуле

$$w_1 = 1 - \log_{\max(r)} r, \quad (1)$$

где r – ранг частоты термина.

Вес w_2 принято считать равным 1, в случае, если Trm_i отражает тему текста, 0 в противном случае.

Вес w_3 принимает различные значения в зависимости от типа содержательно-смыслового блока, в котором встречается Trm_i. Для блока «Проблема» $w_3 = 0{,}3$, для блока «Опыт» $w_3 = 0{,}15$, для блока «Решение» $w_3 = 0{,}25$, для блока «Итог» $w_3 = 0{,}3$. В случае, если Trm_i встречается в нескольких блоках, то w_3 рассчитывается как сумма значений w_3 в соответствующих блоках.

Общий вес Wtr_i для Trm_i рассчитывается по формуле

$$Wtr_i = \sum_{j=1}^{3} k_j w_j, \quad (2)$$

где значения $k_1 = 0{,}309$, $k_2 = 0{,}406$, $k_3 = 0{,}285$, вычислены согласно процедуре взвешивания, предложенной в работе [7].

Значимость отношений семантической сети зависит от двух критериев:

– частота совместной встречаемости терминов в данном отношении w_1;

– принадлежность отношения к содержательно-смысловому блоку w_2.

Значение w_1 рассчитывается по формуле 1, где r – ранг частоты встречаемости отношения.

w_2 принимает различные значения в зависимости от типа содержательно-смыслового блока, в котором встречается Rl_i.

Для блока «Проблема» $w_2 = 0{,}17$, для блока «Опыт» $w_2 = 0{,}09$, для блока «Решение» $w_2 = 0{,}35$, для блока «Итог» $w_2 = 0{,}39$. В случае, если Trm_i встречается в нескольких блоках, то w_2 рассчитывается как сумма значений w_2 в соответствующих блоках.

Общий вес Wrl_i для Rl_i рассчитывается по формуле

$$Wrl_i = w_1 * k_1 + w_2 * k_2, \quad (3)$$

где значения $k_1 = 0{,}425$, $k_2 = 0{,}575$ также вычислены согласно процедуре взвешивания, предложенной в работе [7].

Модуль визуализации семантической сети

Данный модуль предназначен для представления результатов вычислений в удобном для исследователя виде. Исходными данными модуля являются список терминов *Tr*, список отношений *R*, а также веса терминов *Wtr* и веса отношений *Wr* .

Выходными данными является список смежности графа семантической сети $G = \{L_i\}$, где $i = 1..t$, $Ls_i = (Trm_i, Wtr_i, Links_i)$, $Links_i = \{Link_j\}$, где $j = 1..p$ и p – количество терминов Trm_j, с которыми Trm_i находится в отношении. $Link_i = (Rel_j, Ls_j, Wr_j)$ является описанием связи Trm_i с Trm_j.

Заключение

Модель построения семантической сети представляет собой систему, включающую четыре взаимосвязанных модуля. Модуль лексического и морфологического анализа использует словарь на основе *n*-грамм из библиотеки Mcr.dll, что обеспечивает динамичное пополнение словаря. Модуль выделения терминов основан на использовании контекстно-свободной грамматики, которая позволяет расширить количество структур терминологических словосочетаний. При вычислении весовых коэффициентов терминов и отношений учитывается композиционная структура текста. Модуль визуализации обеспечивает проведение экспериментов. Предложенная модель соответствует технологии построения семантической сети, описание которой приведено в ранних работах.

Список литературы

1. Бессмертный И.А. Визуализация знаний на основе семантической сети / И.А. Бессмертный // Программирование. – 2010. – № 4. – С. 16–24.

2. Аюшеева Н.Н., Диких А.Ю. Технология построения семантической сети научного текста на основе анализа онтологии предметной области // Знания – онтологии – теории: материалы VI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 2017. – С. 38–46.

3. Аюшеева Н.Н., Гомбожапова Т.Н., Диких А.Ю. Определение содержательно-смыслового блока терминов и отношений научного текста // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: материалы XII Всероссийской научно-технической конференции. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2015. – С. 88–95.

4. Выдрин Д.В., Поляков В.Н. Реализация электронного словаря с использованием n-грамм // Искусственный интеллект. – 2002. – № 4. – С. 180–183.

5. Найханова Л.В. Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования: монография. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2013. – 268 с.

6. Лукашевич Н.В. Тезаурусы в задачах информационного поиска / Н.В. Лукашевич. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – 89 с.

7. Балацкий Е.В. Методы диагностики социального самочувствия населения / Е.В. Балацкий // Мониторинг общественного мнения. – 2005. – № 3 (75). – С. 47–53.

УДК 620.179.5

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ НА ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ20, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Балякин А.В., Деменок В.А., Курбатов В.П.

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет), Самара, e-mail: balaykinav@ssau.ru

Детали и узлы современных газотурбинных двигателей и установок становятся всё сложнее и совершеннее, используемые в них материалы характеризуются прочностью, высокотемпературной стойкостью и повышенными требованиями к износостойкости. Использование новых материалов требует, среди прочего, разработки соответствующих технологий производства, т.к. оборудование и инструмент становятся дороже, требования к срокам и качеству изготовления все выше, коэффициент использования материала стремится к единице. Аддитивные технологии становятся основной альтернативой производства компонентов ГТД, переходящей к цифровой технологии производства, создающей сквозной цикл проектирования и производства. Наибольшее развитие на сегодняшний день получили методы селективного лазерного сплавления и технологии прямого лазерного спекания порошковых металлических композиций, увязывающих операции в единый производственный параллельный процесс. Авторы показывают влияние механической обработки фрезерованием на поверхностный слой образца из титанового сплава ВТ20, полученного методом прямого лазерного выращивания. В статье описывается проведение эксперимента, используя механическую обработку, и полученные результаты. Микроструктура полученных образцов представляет собой мелкозернистую структуру с мартенситными образованиями, проанализированы результаты измерений составляющих сил резания, микротвёрдости до и после механической обработки, наименьшая шероховатость поверхности обработанного образца наблюдается при t = 0,3 мм, V = 80 м/мин и F = 0,05 мм/зуб.

Ключевые слова: титановый сплав, прямое лазерное выращивание, микроструктура, шероховатость поверхности, микротвёрдость, фрезерование

EFFECT OF PROCESSING BY MILLING ON THE SURFACE LAYER OF TITANIUM BT20 ALLOYS, OBTAINED BY METHOD OF DIRECT LASER DEPOSITION

Balyakin A.V., Demenok V.A., Kurbatov V.P.

Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Samara, e-mail: balaykinav@ssau.ru

Details and components of modern gas turbine engines and plants are becoming more complex and sophisticated, the materials used in them are characterized by strength, high temperature resistance and increased requirements for wear resistance. The use of new materials requires, among other things, the development of appropriate manufacturing technologies. equipment and tools become more expensive, the requirements for terms and quality of manufacturing are all higher, the utilization factor of the material tends to one. Additive technologies are becoming the main alternative to the production of GTE components, shifting to digital production technology creating an end-to-end cycle of design and production. The greatest development to date has been the methods of selective laser melting and the technology of direct laser deposition of powdered metal compositions linking operations into a single production parallel process. The authors show the influence of machining by milling on a surface layer of a sample of a titanium alloy VT20, obtained by direct laser deposition. The article describes the experiment and the results obtained using mechanical processing The microstructure of the samples obtained is a fine-grained structure with martensite formations, Analyzed of measurements of the components of cutting forces, microhardness before and after machining, the least roughness of the surface of the treated specimen is observed at t = 0,3 mm, V = 80 m/min and F = 0,05 mm/tooth.

Keywords: titanium alloy, direct laser deposition, microstructure, surface roughness, microhardness, milling

Аддитивные технологии производства предлагают новые возможности для разработки и проектирования изделий и позволяют изготавливать изделия сложной формы, с пустотами, поднутрениями и т.д. Формирование трехмерного изделия происходит путем последовательного сплавления слоев материала (металлический порошок или проволока) лучом лазера по заданной программе в соответствии с трехмерной моделью. Лазерное выращивание применяется в целях создания деталей с градиентными свойствами включающих в себя бионический дизайн или латисные структуры, а также изделий с дополнительным набором свойств, например износостойкостьюи, жаропрочностью, коррозионной стойкостью и т.д. Технологии аддитивного производства позволяют как создавать новые, так и восстанавливать повреждённые или изношенные детали. Шероховатость поверхности при селективном лазерном сплавлении составляет по Ra от 1,7 до 3,2 мкм, при гетерофазной технологии прямого лазерного выращивания по Ra от 3,7 до 6,0 мкм это означает, что постобработка всегда будет востребована, для достижения желаемого качества поверхно-

сти и геометрии конечной детали [1]. Следовательно, сочетание лазерного выращивания и механической обработки является частью данного исследования.

Использование технологии прямого лазерного выращивания, при котором осуществляется контролируемое спекание частиц порошка в поле лазерного излучения, обеспечивается совмещением газопорошковой струи с лазерным лучом, является прогрессивным направлением для создания деталей авиационных двигателей [2]. После кристаллизации у материала будет особая структура с мелким зерном, которая обеспечивает высокий уровень механических свойств. Преимущество прямого гетерофазного лазерного выращивания в том, что этот метод позволяет увеличить производительность и соответственно сократить сроки изготовления деталей. Из преимуществ также можно отметить отсутствие деформации в процессе выращивания и минимизацию термического влияния. Особенно выгодно применение данной технологии в случае сложных изделий, когда требуется многоэтапное проектирование и конструирование, создание демонстрационных образцов в короткие сроки, внесение корректировок и изменений в проект, изготовление пресс-форм, штампов и оснастки для серийного производства [3]. Установки прямого лазерного выращивания (DLD) не ограничены размерами рабочей камеры, в ходе процесса обеспечивается подача газовой струей порошка непосредственно в зону выращивания. Технология активно совершенствуется, и одна из ее разновидностей – гетерофазная технология прямого лазерного спекания – отличается условиями спекания, при которых частицы сплава не полностью плавятся и одновременно сплавляются с предыдущим слоем.

Характерные особенности технологии прямого гетерофазного лазерного выращивания:

– высокий коэффициент использования металлического порошка (≈ 95 %);

– ограничение по размерам изделия (минимальной толщины стенки, нависающими конструкциями и т.д.) определяется возможностью фокусировки лазерного луча;

– в процессе изготовления изделия можно изменить материал порошка (титан, алюминий, нержавеющая сталь, медные сплавы и др.), формируя при этом градиентные свойства;

– производительность процесса составляет 3–5 кг/час;

– габариты изготавливаемого изделия ограничиваются только размерами рабочей камеры построения и достигают в диаметре до 2–3 м [4, 5].

Отклонение в плотности получаемого материала менее 0,5 %, это обеспечивается за счет поддержания в зоне плавления порошка двухфазного состояния материала (твердого и жидкого), что соответствует свойствам проката. Многочисленные исследования проведены для деталей из титановых сплавов полученных традиционным способом (штамповка, литьё, прокат) [6–8], в то время как исследований для деталей, изготовленных методами прямого гетерофазного лазерного выращивания, недостаточно.

Титановые сплавы являются одним из основных конструкционных материалов, применяемых в настоящее время в разных отраслях промышленности. Широкое их использование связано со свойствами присущими титановым сплавам – высокая удельная прочность, коррозионная стойкость, немагнитность, малая плотность, хорошая жаропрочность при температурах эксплуатации от 250 до 600 °С.

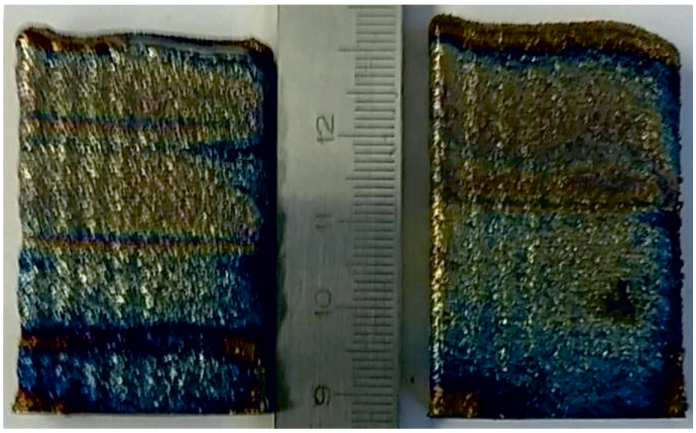


Рис. 1. Образцы полученные методом гетерофазного прямого лазерного выращивания

В работе исследовали влияние обработки фрезерованием заготовки, полученной с помощью технологии прямого лазерного выращивания, в соответствии с планом проведения эксперимента по определению усилия фрезерования $F_{\{V,S,t\}}$, заданный на множестве технологических параметров $\{V\{V_{min}, V_{mid}, V_{max}\}, \{S_{min}, S_{mid}, S_{max}\}, \{t_{min}, t_{mid}, t_{max}\}\}$. В статье приводятся результаты исследования микроструктуры, микротвёрдости и шероховатости поверхности образцов, полученных методом прямого лазерного выращивания (рис. 1).

Материалы и методы исследования

Экспериментальное выращивание образцов производилось на лабораторном стенде, на базе волоконного лазера ЛС-5 мощностью 5 кВт производства ИРЭ-Полюс. Излучение фокусировали с помощью технологической лазерной головки Highyag Bimo. Подача материала осуществлялась порошковым питателем Twin 10. Для формирования газопорошковой струи использовали не коаксиальное сопло с диаметром выходного отверстия 2 мм, разработанное коллективом ИЛИСТ [2, 3]. Фракционный состав порошка – 53–150 мкм, форма частиц – сферическая, химический состав приведён в табл. 1.

Сплав ВТ20 относится к псевдо-α-сплавам, содержит большое количество алюминия и малые концентрации β-стабилизаторов. Псевдо-α-сплавы термически не упрочняются, их применяют в отожжённом состоянии. К недостаткам псевдо-α-сплавов можно отнести сравнительно невысокую прочность и большую склонность к водородной хрупкости. Диапазоны технологических параметров выращивания образцов из титанового сплава ВТ20 приведены в табл. 2.

Траектория выращивания образцов – в начале два оборота по наружному периметру прямоугольника со сторонами 28 мм и 8 мм, потом по спирали к центру с шагом спирали 0,7 мм. Образцы были построены в защитной атмосфере аргона, с содержанием кислорода не более 400 ppm. Геометрия всех образцов представляет собой параллелепипед с размерами (ВхДхШ) 42х28х8 мм. Образцы были выращены с вертикальной ориентацией (рис. 1). На поверхности образцов наблюдается окисленная пленка, это говорит о недостаточном качестве инертной атмосферы в камере построения стенда прямого лазерного выращивания, из-за недостаточной герметичности камеры и/или недостаточной чистоты подаваемого в камеру аргона. Плохое качество защитной атмосферы рабочей камеры и, как следствие, окисление образцов может стать причиной снижения уровня механических характеристик образцов.

Из полученных выращенных заготовок методом электроэрозионной проволочной резки были вырезаны образцы с размерами (ДхШ) 24х6 мм и высотой 40 мм. Полученные образцы были механически отполированы и протравлены концентрированной плавиковой кислотой (HF) для исследования микроструктуры образцов. Механической обработке фрезерованием подвергалась сторона с длиной 24 мм и шириной 6 мм. Оборудование, используемое для проведения экспериментов: вертикально фрезерный станок с ЧПУ ALZMETALLBAZ 15 CNC; пьезо-многокомпонентный динамометр Kistler Тип 9257B; измерение шероховатости поверхности образцов проводилось на профилографе Hommel-EtamicTesterW55; инструмент: концевая твёрдосплавная монолитная фреза фирмы Seco JHP 770100E2R08Q0Z4A – SIRA диаметром 10 мм, количество зубьев z = 4.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование микроструктуры образцов

Микроструктура выращенного образца из титанового сплава ВТ20 представляет собой комбинацию игольчатых α-зерен и столбчатых β-зерен (рис. 2). Появление в его структуре мартенсита (α'-фаза) можно объяснить высокими температурами нагрева и быстрого охлаждения, присущими процессу сплавления.

Таблица 1

Химический состав сплава ВТ20 в %

Ti	Al	Mo	V	Zr	C	Fe	Si	O_2	N_2	H_2	Сумма прочих примесей	Примечание
					не более							
Основа	5,5–7,0	0,5–2,0	0,8–2,5	1,5–2,5	0,10	0,25	0,15	0,15	0,05	0,015	0,30	по справочнику
86,64	7,3	1,95	1,91	2,21	–	–	–	–	–	–	–	порошок
85,795	6,8	1,85	2,38	2,35	0,09	0,20	0,15	0,13	0,045	0,01	0,20	пруток

Таблица 2

Режимы изготовления образцов

Мощность, Вт	Скорость перемещения, мм/с	Расход порошка, г/мин	Диаметр пятна, мм	Шаг слоя, мм	Расстояние между соплом и образцом, мм	Подача порошка 70%, г/мин	Расход несущего газа, л/мин
1100	7	3,6–7,2	1,2	0,7	2–6	28	8

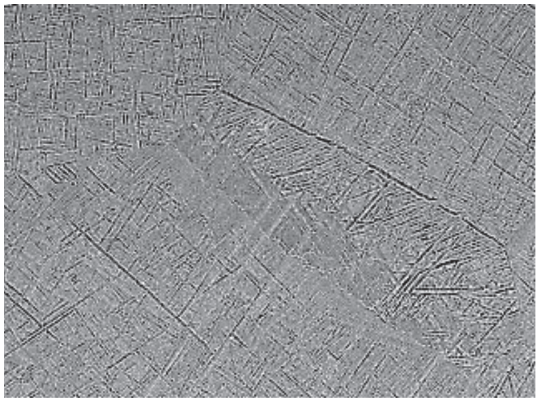


Рис. 2. Микроструктура исходного образца из сплава ВТ20 х300 [2]

При затвердевании скорость охлаждения превышает 1000 °С/мин, что обычно приводит к небольшим размерам зерна. Данные условия обработки удовлетворяют требованиям к образованию мартенситных образований [9–11]. Границы β-зерен удлиняются с повышением температуры, что может привести к кривизне зерен.

Исследование шероховатости поверхности образцов при обработке фрезерованием

Режимы обработки резанием и результаты измерения шероховатости поверхности образца из титанового сплава ВТ20 после обработки приведены в табл. 3. Шероховатость исходного образца после электроэрозионной проволочной резки составляет Ra 1,6 мкм. Во всех опытах после выставления и закрепления образца на столе динамометра Kistler производили калибровочный проход, он выполняется всегда на одном и том же режиме резания (F = 0,1 мм/зуб, V = 80 м/мин, t = 0,1 мм). Калибровочный проход необходим для обеспечения однотипных условий для проведения эксперимента, таких как шероховатость исходной поверхности (Ra 0,22 мкм), вылет заготовки 3,0 мм.

При измерении сил резания с помощью динамометрического стола Kistler были получены графические зависимости составляющих Fx, Fy, Fz силы резания от времени для сплава ВТ20 по 8 каналам измерения. Далее выбираются только зависимости составляющих Fx, Fy, Fz силы резания. Составляющие силы получаются отрицательными, так как направление составляющих сил противоположно положительным направлениям осей динамометрического стола. В расчетах учитывались только значения сил, т.е. знак не учитывался. С помощью программного обеспечения динамометрического стола определяется результирующая сила резания, используя инструмент масштабирования, выбираем часть зависимости для одного зуба, т.е. часть времени, в течение которого в контакте с образцом находится только один зуб фрезы. Определяем площадь под кривой результирующей силы резания для одного зуба и находим действительное усилие резания, которое действует на зуб, действия повторяются для каждого режима обработки.

Найдем производительность обработки для каждого из опытов, результаты приведены в табл. 3, по формуле

$$MRR = t \cdot F \cdot V \cdot 1000,$$

где t – глубина резания, мм;
F – подача, мм/зуб;
V – скорость резания, м/мин.

Таблица 3

План проведения эксперимента, режимы фрезерования, шероховатость и производительность

№ опыта	t, мм	F, мм/зуб	V, м/мин	Ra, мкм	MRR, мм³/мин
1	0,1	0,05	60	0,16	300
2	0,3			0,18	900
3	0,5			0,14	1500
4	1,0			0,14	3000
5	0,1	0,1		0,21	600
6	0,3			0,22	1800
7	0,5			0,19	3000
8	1,0			0,22	6000
9	0,1	0,2		0,29	1200
10	0,3			0,32	3600
11	0,5			0,27	6000
12	1,0			0,29	12000

Окончание табл. 3

№ опыта	t, мм	F, мм/зуб	V, м/мин	Ra, мкм	MRR, мм³/мин
13	0,1	0,05	80	0,20	400
14	0,3			0,12	1200
15	0,5			0,18	2000
16	1,0			0,17	4000
17	0,1	0,1		0,20	800
18	0,3			0,20	2400
19	0,5			0,25	4000
20	1,0			0,22	8000
21	0,1	0,2		0,23	1600
22	0,3			0,29	4800
23	0,5			0,21	8000
24	1,0			0,25	16000
25	0,1	0,05	100	0,19	500
26	0,3			0,17	1500
27	0,5			0,19	2500
28	1,0			0,17	5000
29	0,1	0,1		0,22	1000
30	0,3			0,27	3000
31	0,5			0,25	5000
32	1,0			0,25	10000
33	0,1	0,2		0,23	2000
34	0,3			0,26	6000
35	0,5			0,21	10000
36	1,0			0,20	20000

Из анализа полученных результатов (табл. 3) видно, что наименьшая шероховатость поверхности образца получается при толщине срезаемого слоя 0,3 мм, скорости резания 80 м/мин и подаче 0,05 мм/зуб.

С увеличением подачи и скорости резания шероховатость поверхности образцов возрастает. По результатам расчета производительности можно сделать вывод, что наибольшая производительность наблюдается в опыте № 36 при получаемой шероховатости поверхности Ra 0,20 мкм.

Исследование микротвёрдости поверхности образцов

Исследование микротвёрдости проводили с использованием микротвердомера ПМТ-3 с нагрузкой 200 г, алмазной пирамидой с углом при вершине 136°. На рис. 3 изображена схема измерения микротвёрдости. В районе каждой точки производили три испытания, из полученных значений находили среднеарифметическое значение. Результаты представлены в табл. 4.

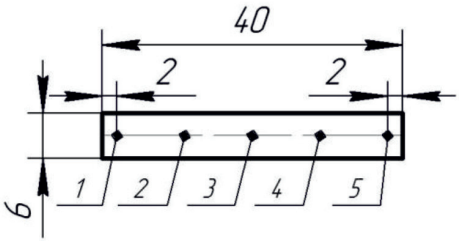


Рис. 3. Схема измерения твердости

Таблица 4

Результаты измерений микротвёрдости на приборе ПМТ-3

№ точки измерения	Среднее значение микротвёрдости, кг/мм²	
	поверхность после фрезерования	исходная поверхность
1	33,5	35,0
2	33,0	35,5
3	34,0	35,5
4	33,5	35,0
5	33,0	34,5

Анализируя данные табл. 4, видно, что микротвёрдость исходной поверхности, полученной при выращивании образцов, выше микротвёрдости поверхности образцов после обработки фрезерованием. Это можно объяснить локальным характером нагрева металла поверхностного слоя. Тепло, возникающее в процессе сплавления металлического порошка между собой и с предыдущим слоем, а также при пластической деформации и трения режущих кромок инструмента об заготовку при фрезеровании, оказывает существенное влияние на состояние поверхностного слоя. Тепло, с одной стороны, повышает пластичность металла и способствует более глубокому упрочнению, с другой стороны, ускоряет процесс разупрочнения металла. Следовательно, характер изменения глубины и степени упрочнения поверхностного слоя образца зависит от количественного соотношения протекающих процессов упрочнения и разупрочнения. Важным источником упрочнения поверхностного слоя могут служить фазовые превращения, ведущие к закалке металла.

Выводы

В ходе исследования влияния обработки фрезерованием на поверхностный слой образцов из титанового сплава ВТ20, полученных методом прямого лазерного выращивания, были сделаны следующие выводы:

– анализ действительного усилия резания, для каждого режима обработки свидетельствует, что с увеличением интенсивности обработки и ростом температуры резания (относительная температура уменьшается) материал испытывает разупрочнение в пределах 4% для рассматриваемых режимов обработки;

– микроструктура сплава представляет собой мелкозернистую структуру, наблюдаются мартенситные образования;

– наименьшая шероховатость поверхности обработанного образца получается на режимах резания $t = 0{,}3$ мм, $V = 80$ м/мин и $F = 0{,}05$ мм/зуб;

– микротвёрдость поверхности образца после обработки фрезерованием оказалась ниже, чем у исходной поверхности образца. То можно объяснить тепловыми воздействиями на образец при выращивании и последующей механической обработке.

Исследования были проведены на оборудовании ЦКП CAM-технологий (RFMEFI59314X0003). Эта работа была поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации Программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы».

Список литературы

1. Деменок В.А., Шаронов В.О., Балякин А.В. Проведение испытаний наплавленных слоёв полученных методом прямого лазерного выращивания на коррозионную стойкость // Вестник РГАТУ. – 2017. – № 2 (41). – С. 370–375.

2. Создание технологии высокоскоростного изготовления деталей и компонентов авиационных двигателей методами гетерофазной порошковой металлургии: Отчет II о составной части прикладных научных исследованиях и экспериментальных разработках; рук. С.П. Мурзин; исполн. В.Г. Смелов и др. – Самара, 2015. – 61 с. – Инв. № 201х-122-16г.

3. Создание технологии высокоскоростного изготовления деталей и компонентов авиационных двигателей методами гетерофазной порошковой металлургии: Отчет III о составной части прикладных научных исследованиях и экспериментальных разработках; рук. С.П. Мурзин; исполн. В.Г. Смелов и др. – Самара, 2016. – 233 с. – Инв. № 201х-122-16г.

4. Глухов В.В. Экономическая эффективность технологии прямого лазерного выращивания в промышленности / В.В. Глухов, Г.А. Туричин // Теоретические основы формирования промышленной политики. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2015. – С. 176–190.

5. Быковский Д.П. Применение технологии прямого лазерного выращивания для изготовления образцов из нержавеющей стали и исследование их механических свойств / Д.П. Быковский, В.Н. Петровский, А.В. Осинцев [и др.] // Аддитивные технологии: настоящее и будущее: сборник докладов II Международной конференции. – М., 2016. – С. 30.

6. Hamedon Z. Hot stamping of titanium alloy sheet using resistance heating / Z. Hamedon, K.-I. Mori, T. Maeno, Y. Yamashita // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2013. – № 5. – С. 12–15.

7. Sirvin Q. Mechanical Behavior And Modelisation Of Ti-6Al-4V Titanium Sheet Under Hot Stamping Conditions / Q. Sirvin, Vincent Velay, R Bonnaire, Luc Penazzi. – M: Universit´e de Toulouse. – 2017. – С. 7.

8. Cabrini M. Evaluation of corrosion resistance of Al–10Si–Mg alloy obtained bymeans of Direct Metal Laser Sintering / M. Cabrini // Journal of Materials Processing Technology. – 2016. – Vol. 231. – С. 326–335.

9. Илларионов А.Г., Попов А.А. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное издание. – М.: Изд-во Уральского университета, 2014. – С. 138.

10. C. Qiu, N. Adkins, M. Attallah. Microstructure And Tensile Properties Of Selectively Laser-Melted And Of Hiped Laser-Melted Ti–6Al–4V: Materials Science and Engineering. – 2013. – № 578. – С. 230–239.

11. W. Xu. Additive Manufacturing Of Strong And Ductile Ti–6Al–4V By Selective Laser Melting Via In Situ Martensite Decomposition: Acta Materialia. – 2015. – № 85. – С. 74–84.

УДК 519.87:656.7

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ПРОЕКЦИИ ГРАДИЕНТА В ЛИНЕЙНОМ ПРОГРАММИРОВАНИИ

[1]Безряков В.В., [2]Солодухин В.А., [3]Цибизова Т.Ю.

[1]Управление государственного надзора за деятельностью в гражданской авиации Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, Москва, e-mail: bezryakov@list.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», Санкт-Петербург, e-mail: SolodukhinVA@yandex.ru;
[3]ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, e-mail: mumc@bmstu.ru

Необходимость решения прикладных задач в реальном масштабе времени определяет интерес к разработке методов оптимизации с гарантийными оценками трудоемкости вычислений, а также дает возможности повышения эффективности известных методов путем их модификации. Методы симплексного типа остаются по-прежнему основными для решения задач линейного программирования, в связи с этим в теории и практике решения задач математического программирования относительно мало уделяется внимания исследованию вычислительной сложности решения задач линейного программирования другими методами. Целью данной работы является обоснование модификации метода проекции градиента, эквивалентной методу наискорейшего спуска, и дальнейшей модификации с целью ускорения сходимости модифицированного метода к решению задачи линейного программирования. Показано, что метод проекции градиента при изменении правила выбора проектирующей матрицы на очередной итерации позволяет определить наилучшее направление движения по границе множества допустимых решений, которое совпадает с направлением наискорейшего спуска. Представлены эффективные допустимые направления, являющиеся существенными при реализации модифицированного метода проекции градиента. Сделан вывод о том, что предложенный подход синтеза методов градиентного спуска и симплексного типа в линейном программировании при незначительном увеличении вычислительной сложности компенсируется существенным уменьшением общего количества итераций.

Ключевые слова: линейное программирование, метод проекции градиента, модификация, сходимость, алгоритм

MODIFIED METHOD OF GRADIENT PROJECTION IN LINEAR PROGRAMMING

[1]Bezryakov V.V., [2]Solodukhin V.A., [3]Tsibizova T.Yu.

[1]Department of State Supervision of Civil Aviation Activities of the Federal Service for Supervision in the Sphere of Transport, Moscow, e-mail: bezryakov@list.ru;
[2]Federal State Budget Educational Institution Higher Education «St. Petersburg State University of Civil Aviation», St. Petersburg, e-mail: SolodukhinVA@yandex.ru;
[3]Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University» (BMSTU), Moscow, e-mail: mumc@bmstu.ru

The need to solve applied problems in real time determines the interest in the development of optimization methods with warranty estimates of the laboriousness of computations, and also look for ways to improve the efficiency of known methods by modifying them. Simplex methods remain basic for solving linear programming problems, therefore, in theory and practice of solving problems of mathematical programming, relatively little attention is paid to the study of the computational complexity of solving linear programming problems by other methods. The purpose of this paper is to substantiate the modification of the gradient projection method, equivalent to the steepest descent method, and further modification in order to accelerate the convergence of the modified method to solving the linear programming problem. It is shown that the gradient projection method when changing the selection rule of the projecting matrix to the next iteration allows us to determine the best direction of motion along the boundary of the set of admissible solutions, which coincides with the direction of steepest descent. Effective permissible directions are presented that are essential for implementing the modified method of gradient projection. The conclusion is made that the proposed approach to synthesis of gradient descent and simplex type methods in linear programming with an insignificant increase in computational complexity is compensated by a significant decrease in the total number of iterations.

Keywords: linear programming, gradient projection method, modification, convergence, algorithm

Потребности решения прикладных задач в реальном масштабе времени обуславливают интерес к разработке методов оптимизации с гарантийными оценками трудоемкости вычислений, а также к поиску возможностей повышения эффективности известных методов путем их модификации [1].

Применительно к задачам линейного программирования (ЛП) в качестве первой успешной попытки решения проблемы можно рассматривать результаты работы [2], распространенные в дальнейшем на некоторые классы задач нелинейного программирования. Несмотря на это, мето-

ды симплексного типа (МСТ) остаются попрежнему основными для решения задач ЛП [3, 4], благодаря их более высокой статистической эффективности практически на всем многообразии прикладных задач, хотя и известны «искусственные» примеры, когда применение МСТ равносильно полному перебору опорных планов задачи [5, 6].

По-видимому, в связи с этим в теории и практике решения задач математического программирования относительно мало уделяется внимания исследованию вычислительной сложности решения задач ЛП другими методами.

В частности, еще в [7] отмечалось, что метод проекции градиента (МПГ) часто требует для решения задачи ЛП меньшего числа итераций по сравнению с МСТ. Интуитивно высокая эффективность МПГ объясняется тем, что при его реализации переход между точками на очередной итерации может осуществляться по внутренней части многогранника допустимых решений или по его граням, в то время как при МСТ переходы всегда происходят по ребру многогранника.

Однако в известных алгоритмах МПГ эти потенциальные возможности реализованы не полностью. Основной их недостаток состоит в том, что размерность пространства (граней), в котором осуществляется движение, на каждой итерации уменьшается на единицу до получения опорного плана задачи ЛП. Далее вычислительный процесс становится эквивалентным использованию двойственного симплекс-метода [8]. Это приводит в результате к таким же сложностям получения оценок эффективности МПГ, как и при рассмотрении МСТ.

Целью настоящей работы является обоснование модификации МПГ, эквивалентной методу наискорейшего спуска, и дальнейшей модификации с целью ускорения сходимости модифицированного метода к решению задачи ЛП.

Модифицированный метод проекции градиента

Задачу ЛП в R^n без нарушения общности рассмотрения можно представить в следующем виде:

$$\max f(x) = c^T x \qquad (1)$$

при ограничениях

$$a_i^T x \le b_i, i \in I = 1,\ldots,m;$$

$$-x_j \le 0, j \in J = 1,\ldots,n_1 \le n, \qquad (2)$$

где R^n – n-мерное арифметическое пространство, $f(x)$ – целевая функция; с – матрица коэффициентов a_i и b_i; x – матрица переменных.

Будем считать, что условия (2) линейно независимы.

Для приведения к такому виду общей задачи ЛП с линейно-независимыми условиями вида $a_i^T x = b_i, i = m+1,\ldots,m+m_1$ достаточно разрешить эту систему уравнений относительно любых m_1 переменных и исключить их из системы условий (2).

Для решения задачи ЛП методом ПГ на каждой итерации определяется [9, 10]: N^k $(m_k \times n)$ – матрица, образованная транспонированными векторами-градиентами ограничений, которые по предположению на протяжении k-й итерации являются существенными, то есть выполняются как строгие равенства; R^k $(n \times n)$ – матрица проектирования; r^k – n-вектор направления движения; δ^k – m_k-вектор двойственных переменных, соответствующих существенным ограничениям.

При этом имеют место следующие соотношения

$$r^k = P^k c, \delta^k = Q^k c, P^k = E - (N^k)^T Q^k, \quad (3)$$

где $Q^k = \left[N^k (N^k)^T \right]^{-1} N^k = G^k N^k$.

Вычисления начинаются с допустимого решения системы (2) x^0.

Значение вектора переменных после выполнения k итераций определяется выражением

$$x^{k+1} = x^k + \lambda^k r^k, \qquad (4)$$

где $\lambda^k \ge 0$ – величина максимально допустимого шага в направлении r^k.

Условия оптимальности решения x^k имеют вид

$$r^k = 0, \delta_s^k \ge 0, s \in S_k = I_k \bigcup J_k, \qquad (5)$$

где $I_k \subset I, J_k \subset J$ – соответственно множества индексов существенных ограничений на k-й итерации.

В классической процедуре МПГ анализ существенности ограничений производится только в том случае, когда выполняется первое из необходимых условий оптимальности (5). При этом если x^k не оптимально, одно из ограничений, для которого $\delta_s^k < 0$ переводится в несущественные (из матрицы N^k исключается строка) [11]. Затем осуществляется k + 1-я итерация.

Суть предлагаемой модификации МПГ состоит в том, что для перехода от x^k к x^{k+1} определяется наилучшее из возможных направление движения по границе множества допустимых решений сокращенной задачи, которое далее используется для определения допустимого направления движения.

Один из возможных алгоритмов реализации модификации МПГ состоит из по-

следовательности итераций, на каждой из которых ($k \geq 0$) необходимо:

1) определить λ^k и x^{k+1};

2) сформировать N^{k+1} путем присоединения к матрице N^k строки l^T, соответствующей вектору градиента ограничения, определяющего λ^k, определить r^{k+1}, δ^{k+1};

3) проверить выполнение условий оптимальности.

Из матрицы N^{k+1} последовательно исключить все строки, соответствующие несущественным ограничениям, для которых $\delta_s^{k+1} < 0 \left(s \in S_k\right)$, и скорректировать значения r^{k+1}, δ^{k+1}, перейти к п.1.

Обоснование алгоритма модификации МПГ

Исследуем две вспомогательные задачи оптимизации, решение которых определяют направление движения: наилучшее в градиентных методах (задача А) и в методе ПГ (задача Б).

Задача А имеет вид [10]

$$\max z = \sigma^T r \qquad (6)$$

при ограничениях

$$a_i^T r \leq 0, i \in I_k; r_j \geq 0, j \in J_k; r^T r \leq 1. \qquad (7)$$

Задача Б отличается от задачи А только характером ограничений, которые имеют вид:

$$a_i^T r = 0, i \in I_k = I_k; -r_j = 0, j \in J_k; r^T r \leq 1. \qquad (8)$$

Если задача Б разрешима, то ее решение $\hat{r}^k$ может быть найдено по алгоритму МПГ. При этом выполнение последнего из условий (8) обеспечивается нормировкой (путем деления $\hat{r}^k$ на $\sqrt{(\hat{r}^k)^T \hat{r}^k}$). Оптимальность $\hat{r}^k$ для задачи Б следует непосредственно из определения проекции вектора на множество.

Понятно, что решения задач А и Б отличаются в том случае, когда среди ограничений $a_i^T r \leq 0, i \in I_{1k}$ и $r_j \geq 0, j \in J_k$ есть несущественные для выбора наилучшего направления. Обозначим $I_k^< = \left\{i / a_i^T r^k < 0\right\}, J_k^> = \left\{j / r_j^k > 0\right\}$.

По теореме Куна – Таккера необходимые и достаточные условия оптимальности решения r задач А и Б состоят в существовании векторов (α, α_r) и $r_s \geq 0$ таких, что [10]:

$$N^k r + r_s = 0; (N_k)^T \alpha + 2\alpha_r r = \sigma, \alpha^T r_s = 0. \qquad (9)$$

При этом для задачи Б первое условие имеет вид $N^k r^k = 0$, а последнее удовлетворяется при любых α, так как $r_s = 0$.

Учитывая выражения для P^k и δ^k, легко видеть, что переменные $\alpha = \delta^k$ удовлетворяют второму условию из (9) при $\alpha_r = 0{,}5$. Следовательно, δ^k являются множителями Лагранжа для задачи Б.

Представим линейные ограничения (8) в виде $N^k r = \beta$.

Известно, что $\dfrac{\partial z}{\partial \beta_s} = \delta_s^k, s \in S_k$.

Отсюда следует, что уменьшение любого $\beta_s \left(s \in S_k^< = \left\{s \mid \delta_s^k < 0\right\}\right)$ приводит к увеличению значения целевой функции. Поэтому соответствующее ограничение является несущественным и его закрепление может быть снято. Исключив его из системы (8), приходим к задаче Б меньшей размерности.

Если имеются другие $\delta_s^k < 0$, процесс исключения может быть повторен. В результате получим задачу Б для которой все δ_s^k неотрицательны. Решение последней задачи совпадает с решением задачи А.

В противоположном случае среди ограничений (8) должно найтись ограничение $\left(i \in I_{1k}\right)$ или $\left(j \in J_k\right)$, которое в задаче А несущественно. То есть, по крайней мере, для одного из этих ограничений должно быть $\delta_s^k < 0$.

Геометрически увеличение значения целевой функции в задаче Б или А означает увеличение значения косинуса угла между вектором-градиентом целевой функции и направлением движения, определяемым текущим решением $r\left(\cos = \dfrac{\sigma^T r}{\sigma^T \sigma}\right)$ и, следовательно, увеличение длины проекции вектора-градиента целевой функции на множество допустимых решений в задаче Б.

В силу единственности проекции вектора на множество – наилучшее направление также единственно. Следовательно, процесс исключения несущественных ограничений приводит к одной и той же задаче независимо от порядка их рассмотрения. При этом процесс может быть начат с любого ограничения, для которого $\delta_s^k < 0$. Отсюда следует, что все такие ограничения могут быть исключены одновременно.

Таким образом, МПГ при изменении правила выбора проектирующей матрицы на очередной итерации позволяет определить наилучшее направление движения по границе множества допустимых решений, которое совпадает с направлением наискорейшего спуска.

Определение эффективных допустимых направлений по данным модифицированного МПГ

Эффективность модифицированного МПГ в значительной степени определяется структурой множества допустимых решений и прежде всего количеством ограничений (2), которые могут оказаться существенными при реализации МПГ. Сокращение количества исследуемых гиперплоскостей

может быть достигнуто при использовании полученных результатов для построения допустимых направлений движения во внутренней области МДР (максимально достижимым кодовым расстоянием) [12], которые приводят на каждом шаге к возможно наибольшему приращению целевой функции.

Пусть выполнено k итераций с использованием таких допустимых направлений и определено множество $X = \{xs | s = 0,\ldots, k\}$.

На $(k + 1)$-й итерации очередная точка определяется в виде

$$x^{k+1} = x^s + \mu\left(x^k - x^s\right) + \lambda r^k,$$

$$xs \in X, \mu, \lambda \geq 0. \qquad (10)$$

Очевидно, найдутся такие значения μ, λ, что $xk + 1$, определяемое таким образом, является допустимой точкой. В частности, при $\mu = 1$, $\lambda = \lambda k$ получаем точку, соответствующую МПГ.

Для определения направления, приводящего к наибольшему приращению целевой функции, рассмотрим задачу

$$\max_{x^s,\mu,\lambda} \sigma = c^T x^{k+1}\left(x^s, \mu, \lambda\right) \qquad (11)$$

при ограничениях

$$a_i^T x^{k+1}\left(x^s, \mu, \lambda\right) \leq b_i, i \in I;$$

$$x^{k+1}\left(x^s, \mu, \lambda\right) \leq 0, j \in J.$$

Возможны два случая решения этой задачи.

В первом случае $\mu^* = 1$, $\lambda^* = \lambda k$. Это означает, что нельзя найти допустимое направление выбранного вида, приводящее к большему значению целевой функции по сравнению с модифицированным МПГ. При этом выделяется одно новое существенное ограничение.

Во втором случае $\mu^* < 1$, $\lambda^* > \lambda k$. При этом выделяются два новых существенных ограничения.

Пусть при $\mu = 1$, $\lambda = \lambda k$ существенным становится ограничение с номером q. Тогда для всех $xs \in X$ имеем $a_q^T x^{k+1}\left(x^s, 1, \lambda^k\right) = bq$.

Обозначим $\lambda = 1 - \varepsilon$, $\mu = \lambda k + \delta$. Очевидно существуют такие $\varepsilon, \delta > 0$, что имеет место

$$a_q^T x^{k+1}\left(x^s, 1 - \varepsilon, \lambda^k + \delta\right) = bq,$$

$$cTx^{k+1}\left(x^s, 1 - \varepsilon, \lambda^k + \delta\right) > cTx^{k+1}\left(x^s, 1, \lambda^k\right).$$

Для таких ε, δ получаем

$$a_q^T\left(-\varepsilon\left(xk - xs\right) + \delta rk\right) = 0,$$

$$cT\left(-\varepsilon\left(xk - xs\right) + \delta rk\right) > 0.$$

Исключая из равенства одну из переменных ε, δ и подставляя ее значение в неравенство, получаем, что при фиксированных значениях ε, δ наибольшее приращение целевой функции при движении в q-й гиперплоскости достигается тогда, когда

$$x^s = \underset{x^t \in X}{\operatorname{argmax}} \frac{c^T\left(x^k - x^t\right)}{a_q^T\left(x^k - x^t\right)}.$$

Выбор такого направления обеспечивает наилучшее приближение к направлению движения в q-й гиперплоскости при использовании модифицированного МПГ и поэтому может считаться наиболее целесообразным.

Задача (11) при фиксированном xs сводится к задаче линейного программирования с двумя переменными. Ее решение вычислительных трудностей не представляет.

Решение исходной задачи сводится, таким образом, к решению последовательности задач вида (11).

При этом, если $\mu^* = 1$ определение r^k и проверка условий оптимальности осуществляются по алгоритму модифицированного МПГ. При $\mu^* < 1$ матрица N^{k+1} формируется по двум ограничениям, определяющим решение задачи (11) и выражения (3) для определения r^k, δ^k можно записать в явном виде.

Заключение

Сопоставление детального анализа оценок вычислительной сложности отдельных итераций и результатов многократной практической апробации алгоритма, реализующего предложенный подход, показывает, что незначительное увеличение вычислительной сложности, связанное с решением на каждой итерации задачи вида (11), компенсируется существенным уменьшением общего количества итераций по сравнению с алгоритмом МПГ. Предложенная схема формирования допустимых направлений не претендует на получение безупречно точного наиболее эффективного метода, а является только примером возможного синтеза методов градиентного спуска и симплексного типа в линейном программировании.

Список литературы

1. Фам С.Ф., Цибизова Т.Ю. Методы построения математических моделей: генетические алгоритмы // Достижения вузовской науки. Труды международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во МГОУ, 2014. – С. 158–162.

2. Хачиян Л.Г. Полиномиальные алгоритмы в линейном программировании // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1980. – Т. 20, № 1. – С. 51–68.

3. Батенков А.А., Батенков К.А., Яковлев А.В. Разработка алгоритма декодирования Евклидова кода на основе

симплексного базиса // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 3 (59). – С. 134–142.

4. Саушев А.В. Сеточный метод построения областей работоспособности технических объектов на основе алгоритма симплексного поиска // Журнал университета водных коммуникаций. – 2010. – № 1. – С. 58–69.

5. Моисеев О.В., Яковлев А.В. Алгоритм приема большого ансамбля сложных сигналов на основе симплексного базиса // Телекоммуникации. – 2012. – № 4. – С. 13–19.

6. Цибизова Т.Ю., Карпунин А.А. Применение метода анализа иерархий в оценке качества процессов управления // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2.

7. Черняев Ю.А. Сходимость метода проекции градиента для одного класса невыпуклых задач математического программирования // Известия высших учебных заведений. Математика. – 2005. – № 12. – С. 76–79.

8. Безряков В.В., Крыжановский Г.А., Солодухин В.А. Прямые и обратные задачи оптимизации управления потоками воздушного движения в районе аэродрома // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2011. – № 171. – С. 109–113.

9. Тимофеев П.А., Ягудаев Г.Г., Горячкин Б.С., Строганов Д.В. Алгоритм управляемого имитационного процесса в системах массового обслуживания // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2011. – № 3. – С. 62–70.

10. Мясников Е.А. Нелинейное и динамическое программирование: уч. пособие. – Хабаровск: Изд-во Хабаровская гос. акад. экономики и права, 2011. – 139 с.

11. Перепелкин Е.А. Задача параметрического синтеза многосвязной динамической системы как задача нелинейного программирования // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2008. – № 1. – С. 23–27.

12. Гусев М.И. Метод динамического программирования в задаче построения множеств достижимости нелинейных управляемых систем // Известия Института математики и информатики Удмуртского государственного университета. – 2012. – № 1. – С. 42–43.

УДК 681.2.083

АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СИСТЕМЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ГИРОКОМПАСИРОВАНИЯ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ДАТЧИКОМ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Белянин Л.Н., Дмитриев В.С., Ву Д.К.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Томск, e-mail: doanket@tpu.ru

Предлагаются алгоритмы вычислений параметров ориентации – углов Эйлера – Крылова – в системе аналитического гирокомпасирования, содержащей гироскопический датчик угловой скорости, установленный на одноосной вращающейся платформе, два акселерометра и вычислитель. По оси вращения платформы установлен точный преобразователь угла в цифровой код (энкодер). Платформа приводится во вращение с помощью привода, обеспечивающего постоянную, строго заданную угловую скорость. Прибор может быть наклонён по отношению к вертикали места в любом направлении на угол до 15–20 градусов. Основное внимание уделено поиску приёмов и алгоритмов вычисления азимутального угла, которые позволили бы исключить или уменьшить влияние погрешностей датчика угловой скорости на точность определения этого угла. К таким погрешностям относятся: смещение нуля, изменение крутизны характеристики (масштаба, чувствительности), динамические погрешности (амплитудные и фазовые) при условии их постоянства в пуске, а также шум в выходном сигнале датчика угловой скорости. Предлагается сначала вычислять угол, характеризующий ориентацию проекции вектора угловой скорости вращения Земли на экваториальную плоскость прибора, а затем вычислять азимутальный угол на основе информации об указанном угле, а также углах, характеризующих ориентацию прибора по отношению к вертикали места (плоскости горизонта). Угол, характеризующий ориентацию проекции вектора угловой скорости вращения Земли на экваториальную плоскость прибора, определяется по результатам отсчётов углов с энкодера с учётом знака производной в те моменты времени, когда сигнал с датчика угловой скорости при вращении платформы становится равным нулю.

Ключевые слова: определение ориентации неподвижного прибора, система аналитического гирокомпасирования, вращающийся датчик угловой скорости, алгоритмы вычисления, повышение точности

COMPUTATIONAL ALGORITHMS FOR ANALYTIC GYROCOMPASSING SYSTEM WITH ROTATING ANGULAR RATE SENSOR

Belyanin L.N., Dmitriev V.S., Vu D.K.

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: doanket@tpu.ru

The paper develops computational algorithms for the attitude parameter of the Euler-Krylov angles in the analytic gyrocompassing system comprising the angular rate sensor mounted to the uniaxial rotating platform, two accelerometers, and computer. The encoder is placed along the platform axis. The platform rotation at a constant speed is actuated by the integrating drive. This device can be tilted at an angle of 15–20 degrees in any direction relative to the horizontal plane. The main objective of this work is a search for techniques and algorithms for computing the azimuthal angle, which allow us to eliminate or reduce errors of the angular rate sensor. These errors include zero bias, scale factor of the output characteristic, dynamic (amplitude and phase) errors subject to their consistency at start, and the sensor output noise. In this paper, we offer first to compute the orientation angle of the vector projection of the Earth's rotation on the equatorial plane. The next step is the definition of the azimuthal angle based on data obtained, and sensor orientation angles relative to the horizontal plane. The orientation angle of the vector projection of the Earth's rotation on the equatorial plane is obtained using the angle-encoder counter with regard to the derivative sign at times when the sensor output signal is equal to zero during the platform rotation.

Keywords: attitude computation of stationary device, analytic gyrocompassing system, rotating angular rate sensor, computational algorithm, accuracy increase

Принцип аналитического гирокомпасирования широко применяется для определения ориентации неподвижных объектов по отношению к связанной с Землей горизонтальной, географически ориентированной системе координат, в частности, в инклинометрии скважин [1–3]. В общем случае в состав системы аналитического гирокомпасирования входят три датчика линейного ускорения (акселерометра), оси чувствительности которых направлены вдоль осей связанной с объектом системы координат, три гироскопических датчика угловой скорости (ДУС) с осями чувствительности, направленными параллельно тем же осям, и вычислитель. Если углы отклонения объекта по отношению к плоскости горизонта (вертикали места) ограничены, то возможен усечённый вариант системы, содержащий два акселерометра, два ДУС и вычислитель.

При использовании в системе акселерометров навигационного класса обеспечивается достаточно высокая точность определения параметров, характеризующих

ориентацию объекта по отношению к плоскости горизонта. Проблемным является обеспечение необходимой точности определения ориентации объекта в азимуте. Для того, чтобы погрешность определения азимутального угла не превышала 1° на средних широтах, погрешности измерения ДУС не должны превышать десятых долей град/час. Для обеспечения погрешности определения азимутального угла на уровне 10 угловых минут погрешности ДУС не должны превышать сотых долей град/час. Для сравнения: тело, вращающееся вокруг оси с постоянной скоростью и делающее один оборот за год, вращается со скоростью 0,0416 град/час. Поэтому актуальной является разработка способов, приёмов и алгоритмов, позволяющих исключить либо уменьшить влияние погрешностей ДУС на точность определения азимутального угла.

Эффективным в этом отношении является метод, основанный на обработке результатов двух замеров каждым ДУС, у которых пространственное положение осей чувствительности изменяется на противоположное [4, 5]. В этом случае исключается влияние на результат гирокомпасирования смещения нулей ДУС и изменения их крутизны характеристики при условии, что в течение всего цикла измерения эти параметры остаются неизменными. Иногда этот метод называют методом двойного гирокомпасирования. Однако устройство для точной переориентации осей чувствительности ДУС делает прибор более сложным и дорогим.

Находит применение также метод, при котором один ДУС вращается с постоянной, достаточно малой скоростью вокруг вертикальной оси, в результате чего ось чувствительности ДУС непрерывно меняет свою ориентацию по отношению к вектору угловой скорости вращения Земли. Искомый угол, характеризующий ориентацию прибора в азимуте, определяется путём минимизации функции невязки между сигналом ДУС и вычисленным значением гармонической функции угла в определённые моменты времени. Такой метод определения азимута реализован в гироскопическом инклинометре ИГН73-100/80 [6]. Недостатком метода является необходимость выполнения большого объёма вычислений. Предлагаются также другие варианты определения направления на Север с помощью вращающегося вокруг вертикальной оси ДУС [7, 8].

Настоящая статья посвящена разработке приёмов и алгоритмов вычислений в системе аналитического гирокомпасирования, в которой используется один ДУС, установленный на платформе, вращающейся с постоянной скоростью. Причём жёстких требований к вертикализации прибора не предъявляется. Прибор может быть наклонён по отношению к вертикали места в любом направлении на угол до 15–20 градусов. Прибор входит в состав разрабатываемой системы ориентации и навигации горнопроходческого комбайна [9]. Составные части прибора и их положение относительно опорной и связанной с корпусом прибора системы координат показаны на рис. 1.

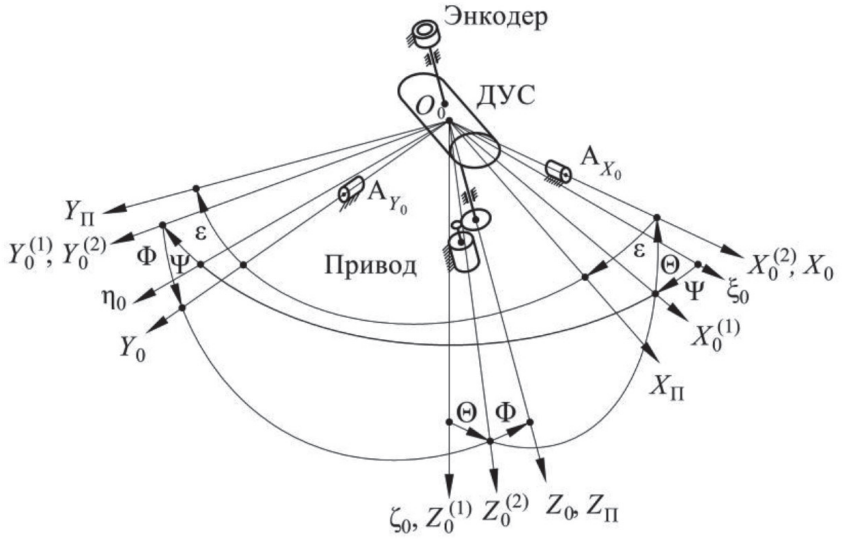


Рис. 1. Составные части прибора и их положение относительно опорной и связанной с корпусом прибора систем координат

На рис. 1 обозначено:

● $O_0\xi_0\eta_0\zeta_0$ – горизонтальная, географически ориентированная, правая опорная система координат (СК), ось $O_0\zeta_0$ которой направлена по вертикали вниз; оси $O_0\xi_0$ и $O_0\eta_0$ расположены в плоскости горизонта, причем ось $O_0\xi_0$ направлена на географический Север;

● $O_0X_0Y_0Z_0$ – правая СК, связанная с корпусом прибора; ось O_0Z_0 направлена вдоль оси вращения платформы в сторону нижней части прибора; оси O_0X_0 и O_0Y_0 лежат в экваториальной плоскости прибора;

● $O_0X_\text{П}Y_\text{П}Z_\text{П}$ – правая СК, связанная с платформой; ось $O_0Z_\text{П}$ совпадает с осью O_0Z_0; оси $O_0X_\text{П}$ и $O_0Y_\text{П}$ в исходном положении совпадают с осями O_0X_0 и O_0Y_0 соответственно;

● Ψ, Θ, Φ – углы Эйлера – Крылова, характеризующие ориентацию СК $O_0X_0Y_0Z_0$ по отношению к СК $O_0\xi_0\eta_0\zeta_0$; угол Ψ будем называть азимутальном углом прибора;

● ε – угол поворота платформы вокруг оси $O_0Z_\text{П}$;

● A_{X_0}, A_{Y_0} – акселерометры, установленные по осям O_0X_0 и O_0Y_0 соответственно.

Принцип работы прибора

При вращении платформы с постоянной скоростью сигнал с ДУС изменяется по гармоническому закону в зависимости от угла ε, принимая нулевое значение дважды за один оборот. Определяются два первых последовательных угла (ε_1, ε_2), характеризующие положения платформы относительно корпуса в моменты времени, когда сигнал ДУС равен нулю. Вычисляется среднее арифметическое значение этих углов и таким образом находится угловое положение платформы, в котором ось чувствительности ДУС направлена либо на условный Север (ε_N), если в положении платформы, характеризующемся углом ε_1, производная сигнала ДУС положительна, либо на условный Юг (ε_S), если в положении платформы, характеризующемся углом ε_1, производная сигнала ДУС отрицательна (рис. 2).

Под условным Севером здесь понимается такое значение угла ε, при котором проекция вектора угловой скорости вращения Земли на ось чувствительности ДУС положительна и максимальна по модулю. Под условным Югом – значение угла ε, при котором проекция вектора угловой скорости вращения Земли на ось чувствительности ДУС отрицательна и максимальна по модулю. При строго вертикальном положении оси вращения платформы понятия «Север условный» и «Юг условный» совпадают соответственно с понятиями «Север» и «Юг» истинные. Зная угол ε_N (или ε_S) и ориентацию платформы относительно вертикали, можно определить азимутальный угол корпуса прибора. Ниже предлагается алгоритм вычисления угла Ψ по известным значениям углов ε_N, Θ и Φ. Алгоритмы вычисления углов Θ и Φ по информации с акселерометров здесь не рассматриваются. С ними можно ознакомиться, например, в [10].

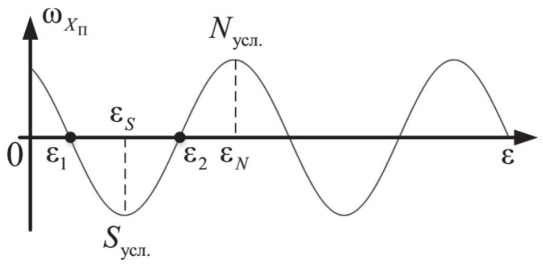


Рис. 2. График, поясняющий метод определения ориентации проекции вектора угловой скорости вращения Земли на экваториальную плоскость прибора $N_\text{усл.}$ – условный Север; $S_\text{усл.}$ – условный Юг

Вычисление угла Ψ по известным Θ, Φ, ε и φ_0

Обозначим проекции вектора абсолютной угловой скорости вращения трёхгранника осей СК $O_0\xi_0\eta_0\zeta_0$: ω_{ξ_0}, ω_{η_0}, ω_{ζ_0} соответственно. Поскольку вращения трёхгранника происходят по причине вращения Земли с угловой скоростью $\Omega_\text{З}$, то с учётом ориентации СК $O_0\xi_0\eta_0\zeta_0$ относительно Земли имеем

$$\omega_{\xi_0} = \Omega_\text{З} \cdot \cos\varphi_0;\ \omega_{\eta_0} = 0;\ \omega_{\zeta_0} = -\Omega_\text{З} \cdot \sin\varphi_0,$$

где φ_0 – широта местоположения прибора.

Найдём проекции вектора $\Omega_\text{З}$ на ось $O_0X_\text{П}$. С этой целью сначала запишем выражения для проекций вектора $\Omega_\text{З}$ на оси СК $O_0X_0Y_0Z_0$:

$$\omega_{X_0} = \omega_{X_0^{(2)}} = \Omega_\text{З} \cdot \cos\varphi_0 \cdot \cos\Psi \cdot \cos\Theta + \Omega_\text{З} \cdot \sin\varphi_0 \cdot \sin\Theta;$$

$$\omega_{Y_0} = \omega_{Y_0^{(2)}} \cdot \cos\Phi + \omega_{Z_0^{(2)}} \cdot \sin\Phi =$$

$$= -\Omega_\text{З} \cdot \cos\varphi_0 \cdot \sin\Psi \cdot \cos\Phi + \left(-\Omega_\text{З} \cdot \sin\varphi_0 \cdot \cos\Theta + \Omega_\text{З} \cdot \cos\varphi_0 \cdot \cos\Psi \cdot \sin\Theta\right) \cdot \sin\Phi;$$

$$\omega_{Z_0} = \omega_{Z_0^{(2)}} \cdot \cos\Phi - \omega_{Y_0^{(2)}} \cdot \sin\Phi =$$

$$= \left(-\Omega_3 \cdot \sin\varphi_0 \cdot \cos\Theta + \Omega_3 \cdot \cos\varphi_0 \cdot \cos\Psi \cdot \sin\Theta\right) \cdot \cos\Phi + \Omega_3 \cdot \cos\varphi_0 \cdot \sin\Psi \cdot \sin\Phi.$$

Искомая проекция вектора угловой скорости вращения Земли на ось чувствительности ДУС $O_0X_П$ определится

$$\omega_{X_П} = \omega_{X_0} \cdot \cos\varepsilon + \omega_{Y_0} \cdot \sin\varepsilon. \quad (1)$$

При $\varepsilon = \varepsilon_N$ функция $\omega_{X_П}(\varepsilon)$ имеет экстремум и при этом положительна. Это позволяет записать следующие уравнение и неравенство:

$$-\omega_{X_0} \cdot \sin\varepsilon_N + \omega_{Y_0} \cdot \cos\varepsilon_N = 0; \quad (2)$$

$$\omega_{X_0} \cdot \cos\varepsilon_N + \omega_{Y_0} \cdot \sin\varepsilon_N > 0. \quad (3)$$

Поставив в уравнение (2) и неравенство (3) выражения для угловых скоростей ω_{X_0} и ω_{Y_0}, получим

$$A_1 \cdot \cos\Psi + B_1 \cdot \sin\Psi + C_1 = 0; \quad (4)$$

$$A_2 \cdot \cos\Psi + B_2 \cdot \sin\Psi + C_2 > 0, \quad (5)$$

где

$$A_1 = \cos\varphi_0 \cdot \sin\Theta \cdot \sin\Phi \cdot \cos\varepsilon_N - \cos\varphi_0 \cdot \cos\Theta \cdot \sin\varepsilon_N;$$

$$B_1 = -\cos\varphi_0 \cdot \cos\Phi \cdot \cos\varepsilon_N;$$

$$C_1 = -\sin\varphi_0 \cdot \sin\Theta \cdot \sin\varepsilon_N - \sin\varphi_0 \cdot \cos\Theta \cdot \sin\Phi \cdot \cos\varepsilon_N;$$

$$A_2 = \cos\varphi_0 \cdot \sin\Theta \cdot \sin\Phi \cdot \sin\varepsilon_N + \cos\varphi_0 \cdot \cos\Theta \cdot \cos\varepsilon_N;$$

$$B_2 = -\cos\varphi_0 \cdot \cos\Phi \cdot \sin\varepsilon_N;$$

$$C_2 = \sin\varphi_0 \cdot \sin\Theta \cdot \cos\varepsilon_N - \sin\varphi_0 \cdot \cos\Theta \cdot \sin\Phi \cdot \sin\varepsilon_N.$$

Уравнение (4) даже с учётом неравенства (5) не даёт однозначного решения для угла Ψ. Поступим следующим образом. Будем считать неизвестными в полученных уравнении и неравенстве значения $\sin\Psi$ и $\cos\Psi$, добавив к этим уравнению и неравенству уравнение, связывающее между собой $\sin\Psi$ и $\cos\Psi$

$$\sin^2\Psi + \cos^2\Psi = 1. \quad (6)$$

Выразим из (4) $\cos\Psi$:

$$\cos\Psi = \frac{-B_1 \cdot \sin\Psi - C_1}{A_1}. \quad (7)$$

Подставив (7) в (6), получим квадратное уравнение относительно $\sin\Psi$

$$\sin^2\Psi + \frac{\left(-B_1 \cdot \sin\Psi - C_1\right)^2}{A_1^2} = 1,$$

которое можно записать в виде

$$\left(A_1^2 + B_1^2\right) \cdot \sin^2\Psi + 2 \cdot B_1 \cdot C_1 \cdot \sin\Psi + \left(C_1^2 - A_1^2\right) = 0. \quad (8)$$

Дискриминант этого уравнения имеет вид

$$\Delta = B_1^2 \cdot C_1^2 - \left(A_1^2 + B_1^2\right) \cdot \left(C_1^2 - A_1^2\right) = A_1^4 + A_1^2 \cdot B_1^2 - A_1^2 \cdot C_1^2.$$

Если $\Delta \geq 0$, то уравнение (8) имеет два решения. Первое решение будет

$$\left(\sin\Psi\right)_1 = \frac{-B_1 \cdot C_1 + \left|\sqrt{\Delta}\right|}{\left(A_1^2 + B_1^2\right)} = \frac{-B_1 \cdot C_1 + \left|A_1 \cdot \sqrt{\left(A_1^2 + B_1^2 - C_1^2\right)}\right|}{\left(A_1^2 + B_1^2\right)}. \quad (9)$$

Таблица 1

Определение действительного значения угла Ψ

	Квадрант, в котором лежит угол Ψ	Действительное значение угла Ψ
$\sin\Psi > 0, \cos\Psi > 0$	первый	$\Psi = \Psi^*$
$\sin\Psi > 0, \cos\Psi < 0$	второй	$\Psi = \Psi^* + 108°$
$\sin\Psi < 0, \cos\Psi < 0$	третий	$\Psi = \Psi^* + 108°$
$\sin\Psi < 0, \cos\Psi > 0$	четвёртый	$\Psi = \Psi^* + 360°$

Подставив первое решение для sin Ψ в (7), получим

$$(\cos\Psi)_1 = \frac{-A_1^2 \cdot C_1 - B_1 \cdot \left| A_1 \cdot \sqrt{\left(A_1^2 + B_1^2 - C_1^2\right)} \right|}{A_1 \cdot \left(A_1^2 + B_1^2\right)}. \quad (10)$$

Тогда второе решение уравнения (8) будет иметь вид

$$(\sin\Psi)_2 = \frac{-B_1 \cdot C_1 - \left|\sqrt{\Delta}\right|}{\left(A_1^2 + B_1^2\right)} = \frac{-B_1 \cdot C_1 - \left| A_1 \cdot \sqrt{\left(A_1^2 + B_1^2 - C_1^2\right)} \right|}{\left(A_1^2 + B_1^2\right)}. \quad (11)$$

Соответственно, второе решение для cos Ψ будет иметь вид

$$(\cos\Psi)_2 = \frac{-A_1^2 \cdot C_1 + B_1 \cdot \left| A_1 \cdot \sqrt{\left(A_1^2 + B_1^2 - C_1^2\right)} \right|}{A_1 \cdot \left(A_1^2 + B_1^2\right)}. \quad (12)$$

Из двух пар значений $(\sin\Psi)_1, (\cos\Psi)_1$ и $(\sin\Psi)_2, (\cos\Psi)_2$ выберем ту, которая удовлетворяет неравенству (5). Эта полученная пара значений синуса и косинуса искомого угла позволяет определить его единственное значение. Главное значение угла вычисляется по формуле

$$\Psi^* = \operatorname{arctg}\left(\frac{\sin\Psi}{\cos\Psi}\right). \quad (13)$$

Здесь под главным значением понимается значение острого угла, который может быть как положительным, так и отрицательным. Действительное значение угла Ψ будет определяться с учётом квадранта, в котором лежит угол по известным формулам приведения. Квадрант определяется по знакам sin Ψ и sin Ψ. Алгоритм определения действительного значения угла Ψ представлен в виде табл. 1.

Достоверность полученных алгоритмов подтверждена численными экспериментами.

Рассмотрим влияние основных погрешностей ДУС на точность определения угла ε_N.

Смещение нуля и изменение крутизны характеристики ДУС (чувствительности, масштаба) от пуска к пуску

Если указанные параметры остаются неизменными в пуске, то они не оказывают влияния на точность определения угла ε_N, а, следовательно, и угла Ψ. На рис. 3 показано изменение выходного сигнала ДУС в функции от угла ε при наличии смещения нуля и изменения чувствительности.

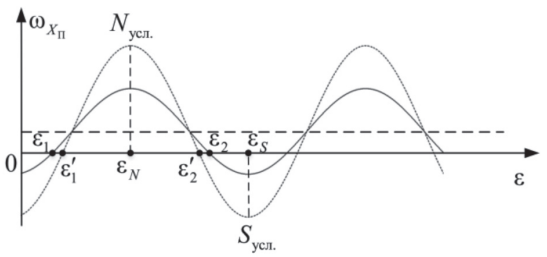


Рис. 3. Выходной сигнал ДУС при наличии смещения нуля и изменения крутизны его характеристики

Видно, что углы ε_1 и ε_2 при этом изменяются, но значение ε_N, как среднее арифметическое между ними, остаётся неизменным.

Фазовая погрешность ДУС

При измерении ДУС угловой скорости, изменяющейся по гармоническому закону, возникают известные динамические погрешности, которые относятся к категории методических и делятся на амплитудные и фазовые. При постоянной скорости вращения платформы эти погрешности постоянны. Выше показано, что изменение амплитуды сигнала ДУС, если она остаётся постоянной в пуске, не влияет на точность определения угла ε_N. Наличие фазовой по-

грешности (фазового сдвига) ДУС приводит к одинаковым погрешностям определения углов ε_1 и ε_2, следовательно, и угла ε_N.

Для ДУС, построенных на основе двухстепенного гироскопа с механическим упругим элементом, и компенсационного типа при условии безынерционности всех звеньев, образующих цепь компенсации (цепь обратной связи), передаточная функция представляет собой передаточную функцию устойчивого колебательного звена. Сдвиг фазы такого звена определяется формулой [11]

$$\Delta\varphi = -\text{arctg}\,\frac{2\xi\cdot\eta}{1-\eta^2}, \qquad (14)$$

где $\Delta\varphi$ – сдвиг фазы звена;
ξ – коэффициент затухания звена;
η – безразмерная частота, определяемая отношением круговой частоты изменения угловой скорости (скорости вращения платформы) к собственной частоте ДУС [12].

Величины сдвига фаз при различных значениях безразмерной частоты изменения угловой скорости η и близком к оптимальному значению коэффициента затухания ξ приведены в табл. 2.

В ДУС, построенном на основе трёхстепенного гироскопа, в том числе на основе динамически настраиваемого гироскопа, в случае безынерционных цепей обратных связей, передаточная функция представляет собой передаточную функцию апериодического звена первого порядка. Фазовый сдвиг этого звена определяется формулой

$$\Delta\varphi = -\,\text{arctg}(\zeta), \qquad (15)$$

где η – безразмерная частота – отношение круговой частоты изменения угловой скорости к частоте изгиба асимптотической амплитудно-частотной характеристики звена.

Результаты расчёта сдвига фаз по формуле (15) представлены в табл. 3.

Из приведенных таблиц следует, что при определённых условиях величина ошибки в определении угла ε_N, вызванной фазовой погрешностью, может принимать недопустимо большие значения. Например, при скорости вращения платформы 10 град/с и собственной частоте колебаний ДУС на основе двухстепенного гироскопа, равной 10 Гц, при $\xi = 0{,}6$ имеем $\eta = 0{,}00278$, $\Delta\varphi = 11{,}46$ угл. мин.

Для исключения влияния фазовой погрешности ДУСа на результат определения угла ε_N предлагается после снятия отсчётов углов $\vec{\varepsilon}_{1\uparrow}$ и $\vec{\varepsilon}_{2\downarrow}$ при вращении платформы в одну сторону изменить направление вращения на противоположное и снять отсчёты $\overleftarrow{\varepsilon}_{1\uparrow}$ и $\overleftarrow{\varepsilon}_{2\downarrow}$. В обозначениях углов ε_1 и ε_2 стрелки сверху означают направление вращения платформы (направление изменения угла ε). Стрелки после индекса означают знак производной при данном значении угла. Стрелка вверх – производная положительна, стрелка вниз – производная отрицательна.

Для определения значения угла ε_N вычисляются значения углов $\vec{\varepsilon}_N$ и $\overleftarrow{\varepsilon}_N$ и находится среднее значение между ними.

Устранение влияния фазовой погрешности в этом случае поясняется рис. 4.

На рис. 4 изображено:

- кривая 1 – график, отражающий изменение сигнала ДУС при отсутствии сдвига фаз;
- кривая 2 – график, отражающий изменение сигнала ДУС при вращении платформы в положительном направлении при наличии сдвига фаз;
- кривая 3 – график, отражающий изменение сигнала ДУС при вращении платформы в отрицательном направлении при наличии сдвига фаз.

Таблица 2

Результаты расчёта сдвига фаз по формуле (14)

п/п	Коэффициент затухания звена ξ	Безразмерная частота η	Фазовая погрешность $\Delta\varphi$, угл. мин.
1	0,6	0,000003	–0,012600
2	0,6	0,000030	–0,123600
3	0,6	0,000300	–12,37800
4	0,6	0,003000	–12,37620
5	0,6	0,030000	–123,8202

Таблица 3

Результаты расчёта сдвига фаз по формуле (15)

п/п	Безразмерная частота ζ	Фазовая погрешность $\Delta\varphi$, угл. мин.
1	0,000003	–0,0103200
2	0,000030	–0,1031400
3	0,000300	–1,0313400
4	0,003000	–10,313520
5	0,030000	–103,10454

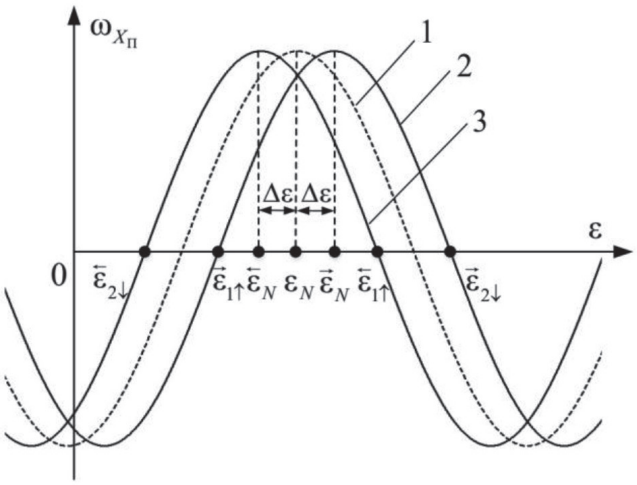


Рис. 4. К пояснению способа устранения влияния фазовой погрешности ДУС

При вращении платформы в положительном направлении будем иметь

$$\vec{\varepsilon}_N = \frac{\vec{\varepsilon}_{1\uparrow} + \vec{\varepsilon}_{2\downarrow}}{2}. \quad (16)$$

При вращении платформы в отрицательном направлении будем иметь

$$\overleftarrow{\varepsilon}_N = \frac{\overleftarrow{\varepsilon}_{1\uparrow} + \overleftarrow{\varepsilon}_{2\downarrow}}{2}. \quad (17)$$

Вычислив среднее значение углов, определяемых выражениями (16) и (17), найдём

$$\varepsilon_N = \frac{\vec{\varepsilon}_N + \overleftarrow{\varepsilon}_N}{2} = \frac{\vec{\varepsilon}_{1\uparrow} + \vec{\varepsilon}_{2\downarrow} + \overleftarrow{\varepsilon}_{1\uparrow} + \overleftarrow{\varepsilon}_{2\downarrow}}{4}. \quad (18)$$

Значение ε_N, вычисляемое по формуле (18), не зависит от запаздывания, вносимого ДУС.

Запаздывание в определении угла ε по показаниям энкодера

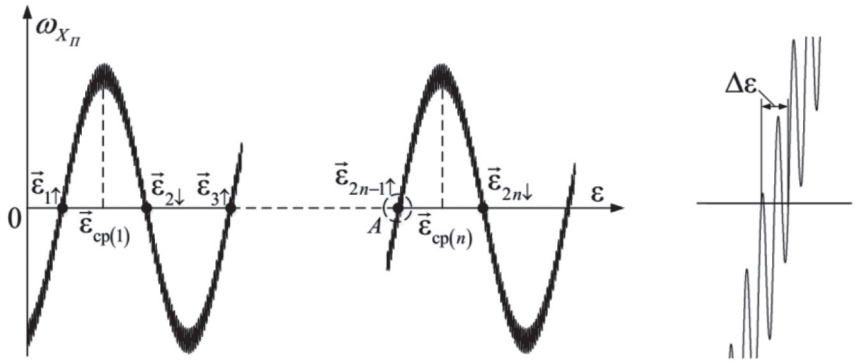
В соответствии с принципом работы прибора с энкодера считывается код угла в тот момент времени, когда выходное напряжение ДУС с аналоговым выходом становится равным нулю. С этой целью используется компаратор, на первый вход которого подаётся напряжение с выхода ДУС, а на второй – напряжение, равное нулю. Выходной сигнал компаратора поступает в схему управления энкодера, в результате чего в вычислитель выдаётся тот код угла, который был на выходе энкодера на момент прихода сигнала с компаратора. Аналогично по сути всё происходит при использовании ДУС с цифровым выходом.

Однако в действительности за счёт наличия порога чувствительности компаратора и некоторой задержки выдачи кода схемой управления энкодера возникнет запаздывание. Если принять величину указанного запаздывания постоянной и не зависящей от направления вращения, то, очевидно, что при вычислении угла ε_N по формуле (18) это запаздывание на точность определения угла ε_N влияния также оказывать не будет.

Помехи (шум) в выходном сигнале ДУС

Реальный сигнал на выходе ДУС отличается от того, что изображён на рис. 3 и 4. Он содержит шум с широким частотным спектром. Характер спектра зависит от типа используемого ДУС, внешних механических воздействий на ДУС в процессе измерений, а также характера и уровня внутренних и внешних наводок на электронную часть прибора [13]. Например, в ДУС на основе роторных гироскопов присутствие сравнительно низкочастотных гармоник помех в выходном сигнале обусловлено воздействием на прибор внешних вибраций и ударов, шумом, создаваемым шарикоподшипниками подвеса ротора, дисбалансом последнего и другими дефектами механической части ДУС. Высокочастотные гармоники, как правило, обусловлены помехами электрического происхождения, возникающими в электронной части ДУС, а также внешними наводками.

Наличие помех в выходном сигнале ДУС приведёт к разбросу моментов срабатывания компаратора относительно момента равенства нулю сигнала ДУС при отсутствии помех. Возникает погрешность Δε, которая может быть как положительной, так и отрицательной. Возникновение погрешности Δε при наличии в выходном сигнале ДУС одной высокочастотной гармонической составляющей помехи показано на рис. 5.



а) *б)*

Рис. 5. График, отражающий изменение выходного сигнала ДУС при наличии помехи (а) и этот же график в увеличенном масштабе для диапазона угла ε вблизи точки А (б)

Если принять, что погрешность Δε является случайной величиной с нормальным законом распределения относительно нулевого значения, то для снижения влияния этого фактора на точность определения угла ε_N можно рекомендовать следующий приём. Наблюдения и вычисления ведутся в течение промежутка времени, за который платформа делает n оборотов в одну и n оборотов в другую сторону. При этом угол $\vec{\varepsilon}_{N\text{ср}}$ вычисляется как среднее между углами $\vec{\varepsilon}_{Ni}$

$$\vec{\varepsilon}_{N\text{ср}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\vec{\varepsilon}_{Ni}}{n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\vec{\varepsilon}_{2i-1} + \vec{\varepsilon}_{2i}}{2n}, \qquad (19)$$

где n – число пар отсчётов (число оборотов платформы).

И угол $\overleftarrow{\varepsilon}_{N\text{ср}}$ вычисляется как среднее между углами $\overleftarrow{\varepsilon}_{Ni}$

$$\overleftarrow{\varepsilon}_{N\text{ср}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\overleftarrow{\varepsilon}_{Ni}}{n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\overleftarrow{\varepsilon}_{2i-1} + \overleftarrow{\varepsilon}_{2i}}{2n}. \qquad (20)$$

Проведённый анализ позволяет записать итоговую формулу, вычисление по которой угла ε_N обеспечит наибольшую точность

$$\varepsilon_N = \frac{\vec{\varepsilon}_{N\text{ср}} + \overleftarrow{\varepsilon}_{N\text{ср}}}{2} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\vec{\varepsilon}_{2i-1} + \vec{\varepsilon}_{2i} + \overleftarrow{\varepsilon}_{2i-1} + \overleftarrow{\varepsilon}_{2i}}{4n}. \qquad (21)$$

Влияние шума в выходном сигнале ДУС на точность определения азимутального угла будет снижаться по мере увеличения числа n, а это напрямую связано со временем определения азимутального угла.

Последовательность действий по определению углов Ψ, Θ, Φ

Приведём последовательность действий по определению углов Эйлера – Крылова Ψ, Θ, Φ, характеризующих ориентацию прибора по отношению к горизонтальной, географически ориентированной системе координат.

1. В вычислитель вводится значение широты места φ_0, а также значение ускорения силы тяжести на экваторе g_0.
2. Вычисляется величина ускорения силы тяжести g места [14].
3. Вычисляются углы Θ и Φ по сигналам с акселерометров с учётом найденного значения ускорения силы тяжести.
4. Платформа приводится во вращение в положительном направлении и с энкодера снимаются и записываются в память вычислителя отсчёты $\vec{\varepsilon}_{j\uparrow}$ и $\vec{\varepsilon}_{i\downarrow}$ в течение промежутка времени, необходимого для снятия n пар отсчётов.
5. Меняется направление вращения платформы на противоположное, снимаются и записываются в память вычислителя n пар отсчётов $\overleftarrow{\varepsilon}_{i\uparrow}$ и $\overleftarrow{\varepsilon}_{i\downarrow}$.
6. Вычисляется значение угла ε_N по формуле (21).
7. Вычисляются значения $(\sin\Psi)_1, (\cos\Psi)_1$ и $(\sin\Psi)_2, (\cos\Psi)_2$ по формулам (9–12).
8. Определяется пара значений $\sin\Psi$ и $\cos\Psi$, которая удовлетворяет неравенству (5).
9. Вычисляется главное значение угла Ψ по формуле (13).
10. Определяется действительное значение угла Ψ с использованием алгоритмов, представленных в табл. 1.

Заключение

Предложенные структура наземного прибора ориентации, приемы измерения и алгоритмы вычисления параметров его ориентации позволяют исключить влияние смещения нуля датчика угловой скорости, изменения крутизны его характеристики и фазовой погрешности на точность определения азимутального угла при условии, что в течение всего цикла измерения указанные параметры остаются постоянными. Кроме

того, они позволяют уменьшить влияние шума в выходном сигнале датчика на точность определения этого угла.

Список литературы

1. Опыт создания гироскопического инклинометра / Л.Н. Белянин, А.Н. Голиков, В.М. Мартемьянов, С.Н. Самойлов // Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности, том 2: Сб. трудов ОАО НПФ «Геофит» ВНК. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – С. 34–49.

2. Попов Г.В. Быстрое определение азимута // Авиакосмическое приборостроение. – 2014. – № 1. – С. 3–9.

3. Редькин С.П. Азимутальное ориентирование с помощью датчиков угловой скорости // Авиакосмическое приборостроение. – 2014. – № 4. – С. 10–22.

4. Биндер Я.И. Аналитическое компасирование в инклинометрии скважин малого диаметра // Гироскопия и навигация. – 2003. – № 2. – С. 38–46.

5. Patent US 8099876B1, МПК G01C 19/38. Azimuth determination system and method therefor / Angelo Truncale, Robert J. Atmur, Joseph E. Justin, Brian Barsamian; assignee The boeing company, Chicago, IL, US. – Appl. No. 12/276,056; filled Nov. 21, 2008; pub. date Jan. 24, 2012.

6. Цыбряева И.В., Гуськов А.А., Кривошеев С.В., Стрелков А.Ю. Методы повышения точности инклинометрии скважин гироскопическим инклинометром ИГН73-100/80 // Научно-технический вестник «Каротажник». – 2013. – № 4. – С. 81–89.

7. Patent US20100088063 A1, МПК G06F 15/00, G01B 1/00. Method and apparatus for precision azimuth measurement / Darren R. Laughlin; assignee A-tech corporation, Albuquerque, NM, US. – Appl. No. 12/572,181; filled Oct. 1, 2009; pub. date Apr. 08, 2010.

8. Patent US7412775 B1, МПК G01C 19/38, G01C 19/02. Gyroscope north seeker system and method / Drew A. Karnick, Timothy J. Hanson; assignee Honeywell International Inc., Morristown, NJ, US. Appl. No. 11/833,398; filled Aug. 3, 2007; pub. date Aug. 19, 2008.

9. Ву Д.К. Алгоритмы вычисления параметров в системе ориентации и навигации горнопроходческого комбайна. НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ // Сборник научных трудов в 10 ч. / под ред. д.т.н. Гуськова А.В. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – Часть 10. – С. 102–106.

10. Белянин Л.Н. Калибровка модуля акселерометров в условиях неопределенности направления их осей чувствительности / Л.Н. Белянин, Е.В. Якимова // Контроль. Диагностика. – 2011. – Специальный выпуск. – С. 64–70.

11. Лазарева Т.Я. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 352 с.

12. Лукьянов Д.П. Прикладная теория гироскопов / Д.П. Лукьянов, В.Я. Распопов, Ю.В. Филатов. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2015. – 316 с.

13. Подчезерцев В.П. Компоненты модели погрешностей динамически настраиваемого гироскопа / В.П. Подчезерцев, Тан Синюань, Цинь Цзыхао // Авиакосмическое приборостроение. – 2015. – № 1. – С. 8–18.

14. Белянин Л.Н. Алгоритмы вычислений в непрерывном гироскопическом инклинометре. Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности: Сб. статей / Под ред. А.К. Хорькова. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – Т. 2. – С. 50–63.

УДК 622.02:539.3

ЗАДАЧА О ВЫЧИСЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ В СЛОИСТОМ МАССИВЕ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ШАХТОЙ

Бобылева Т.Н., Голобоков О.С.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, e-mail: tatyana2211@outlook.com

В работе рассмотрена задача о напряженном состоянии неоднородного полубесконечного горного массива, состоящего из попарно чередующихся изотропных слоев, параллельных горизонтальной плоскости. В массиве имеется вертикальная цилиндрическая полость кругового поперечного сечения. С помощью метода усреднения исходная задача для неоднородного массива, уравнения которой содержат быстро осциллирующие коэффициенты, заменяется аналогичной задачей для однородной среды с постоянными (эффективными) коэффициентами. В то время как исходные слои являлись изотропными, полученная однородная среда представляет собой трансверсально-изотропный материал. Для определения напряжений было использовано имеющееся в литературе решение о напряженно-деформированном состоянии трансверсально-изотропного массива с вертикальной цилиндрической шахтой кругового поперечного сечения. В статье рассмотрены два случая: слои, составляющие массив, являются чисто упругими и упруго-ползучими. Упруго-ползучие слои описываются линейной интегральной моделью Больцмана – Вольтерра, в качестве ядер которой выбраны экспоненциальные функции, содержащие две константы. Применение преобразования Лапласа сводит данную задачу к задаче теории упругости с коэффициентами, зависящими от параметра. Получено решение поставленной задачи в аналитическом виде для нескольких типов граничных условий на поверхности шахты.

Ключевые слова: слоистый массив, усредненная модель, гомогенизация, трансверсально-изотропная среда, ползучесть материала, экспоненциальное ядро ползучести

STRESSED STATE PROBLEM OF A LAYER MASSIVE WITH A VERTICAL CIRCULAR SHAFT

Bobyleva T.N., Golobokov O.S.

National Research Moscow University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, e-mail: tatyana2211@outlook.com

The problem of the stressed state of an inhomogeneous semi-infinite rock consisting of pairwise alternating isotropic layers parallel to the horizontal plane is considered. The array has a vertical cylindrical cavity of circular cross section. We used the averaging method. As a result, the initial problem for an inhomogeneous array in which the equations contain rapidly oscillating coefficients is replaced by an analogous problem for a homogeneous medium with constant (effective) coefficients. While the original layers were isotropic, the resulting homogeneous medium is a transversely isotropic material. In the literature there is a solution for the stress-strain state of a transversally isotropic massif with a vertical cylindrical shaft of circular cross section. It was used. Two cases are considered in the article: the layers composing the array are purely elastic and elastic-creeping. Elastic-creeping layers are described by Boltzmann-Volterra linear integral model. The creep kernels are exponential functions depending on two parameters. The application of the Laplace transform reduces this problem to the problem of elasticity theory with coefficients depending on the parameter. The solution of the problem is obtained in the analytical form for several types of boundary conditions on the surface of the shaft.

Keywords: layered arrays, averaged model, homogenization, transversely isotropic medium, creep of material, exponential creep kernel

Горные массивы в большинстве своем являются неоднородными по составу. Как показывает практика, свойства таких массивов могут значительно отличаться от свойств составляющих их компонент. Задачи о напряженно-деформированном состоянии неоднородной среды содержат дифференциальные уравнения с быстро меняющимися коэффициентами, которые характеризуют свойства отдельных компонент материала. Это серьезно усложняет решение данных краевых задач даже при использовании современных компьютеров, так как требует больших затрат машинного времени. Поэтому создаются модели, содержащие более простые уравнения с усредненными (эффективными) коэффициентами. Общая теория усреднения и примеры решения задач с применением этой теории даны, например, в работе [1]. Кроме того, подобные среды обладают способностью с течением времени медленно деформироваться при постоянных напряжениях, то есть обладают свойством ползучести [2, 3]. С помощью метода асимптотического усреднения в [4] построена математическая модель малых перемещений для комбинированной среды, состоящей из взаимно чередующихся слоев вязкоупругого материала и вязкой сжимаемой жидкости. Задача о прохождении плоской звуковой волны

через композит конечной толщины со слоями упругого и вязкоупругого изотропных материалов решается в [5] также с использованием усредненной модели.

Работы [6, 7] иллюстрируют применение метода усреднения в задачах упругопластического изгиба пластин. Для гетерогенных сред, состоящих из упругого и вязкоупругого материалов [8], а также из двух ползучих материалов [9], построены соответствующие усредненные модели, описывающие совместное движение слоев. В работе [10] получены эффективные модули упругости слоистой упруго-ползучей среды.

Целью работы является моделирование напряженного состояния массива слоистых упругих пород, содержащего вертикальную шахту, с помощью теории усреднения, а при построении решения для массива из упруго-ползучих пород с помощью метода, основанного на комбинации теории усреднения и теории ползучести.

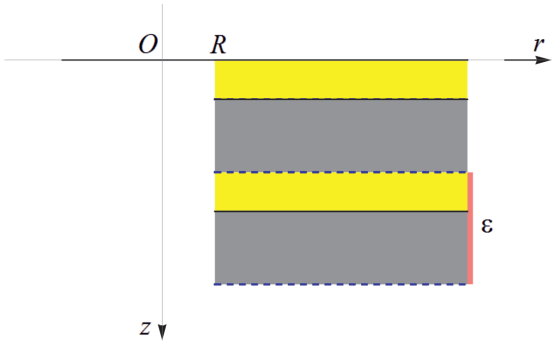
Методы решения. Использованы механические модели теории упругости и теории ползучести. В качестве основных реологических соотношений принимаются соотношения теории линейной наследственности Больцмана – Вольтерра

$$\varepsilon(t)=\frac{1}{E}[\sigma(t)+\int_0^t K(t-\tau)\sigma(\tau)\,d\tau],$$

где ε – деформация, t – время, E – модуль Юнга, σ – напряжение, $K(t)$ – ядро ползучести, которое является убывающей функцией времени [2]. Параметры реологической модели определяются на основе лабораторных испытаний. Применение преобразования Лапласа сводит задачу для упруго-ползучего массива к задаче теории упругости с коэффициентами, зависящими от параметра. Кроме того, использовано имеющееся в литературе решение о напряженно-деформированном состоянии трансверсально-изотропного массива с вертикальной цилиндрической шахтой кругового поперечного сечения.

В статье рассматривается слоистый горный массив, ограниченный горизонтальной плоскостью. Изотропные слои, из которых он состоит, взаимно чередуются и расположены также горизонтально. В данном массиве имеется вертикальная полость в виде цилиндра кругового поперечного сечения радиуса R, идущая от граничной плоскости. Требуется определить напряжения в данном массиве в случае, когда объемная сила – это его вес.

Выберем цилиндрическую систему координат (r,θ,z) с началом в центре верхнего кругового сечения полости и осью z, направленной вертикально вниз (рисунок).



Сечение полуплоскостью Orz слоистого горного массива, содержащего вертикальную цилиндрическую полость кругового поперечного сечения радиуса R (ε – относительный период ячейки периодичности)

Массив, состоящий из чисто упругих слоев

Уравнения равновесия (1) и уравнения состояния (2) для каждого слоя, составляющего массив, имеют вид

$$\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_{r\theta}}{\partial\theta}+\frac{\partial\sigma_{rz}}{\partial z}+\frac{\sigma_r-\sigma_\theta}{r}=0;$$

$$\frac{\partial\sigma_{r\theta}}{\partial\theta}+\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_\theta}{\partial\theta}+\frac{\partial\sigma_{\theta z}}{\partial z}+\frac{2\sigma_{r\theta}}{r}=0; \qquad (1)$$

$$\frac{\partial\sigma_{rz}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\sigma_{\theta z}}{\partial\theta}+\frac{\partial\sigma_z}{\partial z}+\frac{\sigma_{rz}}{r}+\gamma=0;$$

$$\sigma_r=(\lambda+2\mu)e_r+\mu e_\theta+\mu e_z;$$

$$\sigma_\theta=\mu e_r+(\lambda+2\mu)e_\theta+\mu e_z;$$

$$\sigma_z=\mu e_r+\mu e_\theta+(\lambda+2\mu)e_z; \qquad (2)$$

$$\sigma_{r\theta}=\mu e_{r\theta};\ \ \sigma_{\theta z}=\mu e_{\theta z};\ \ \sigma_{rz}=\mu e_{rz},$$

где $\sigma_r,\sigma_\theta,\sigma_z,\sigma_{rz},\sigma_{\theta z}$ – компоненты напряжений, $e_r,e_\theta,e_z,e_{rz},e_{\theta z}$ – компоненты деформаций сплошной среды, λ, μ – постоянные Ламе, γ – величина удельного веса породы. Нагрузки на поверхности полости отсутствуют, то есть $\sigma_r=0$ и $\sigma_{rz}=0$ при $r=R$. На граничной поверхности $z=0$ выполняются условия: $\sigma_z=0$ и $\sigma_{rz}=0$.

На горизонтальных граничных плоскостях слоев заданы условия идеального контакта: непрерывны все компоненты перемещений u_r,u_θ,u_z и нормальная компонента напряжений σ_z, параллельная оси oz, то есть $[u_i]=0,(i=1,2,3)$ и $[\sigma_z]=0$.

Метод усреднения неоднородной упругой среды базируется на построении асимптотического решения по отношению к периоду составной среды [1]. Все модули упругости и удельный вес являются периодическими функциями координаты $\xi = \frac{z}{\varepsilon}$ (ε – относительный период ячейки) и кусочно-постоянными функциями этой переменной:

$$\lambda_i = \begin{cases} \lambda_1, \xi \in [0,h]; \\ \lambda_2, \xi \in [1-h,1]; \end{cases} \quad \mu_i = \begin{cases} \mu_1, \xi \in [0,h]; \\ \mu_2, \xi \in [1-h,1]; \end{cases} \quad \gamma_i = \begin{cases} \gamma_1, \xi \in [0,h]; \\ \gamma_2, \xi \in [1-h,1]; \end{cases} \quad 0 < h < 1. \qquad (3)$$

После применения метода усреднения получаем однородный трансверсально-изотропный массив. Уравнения состояния такой среды можно записать в следующем виде [11]:

$$e_r = a_{11}\sigma_r + a_{12}\sigma_\theta + a_{13}\sigma_z; \;\; e_\theta = a_{12}\sigma_r + a_{11}\sigma_\theta + a_{13}\sigma_z; \;\; e_z = a_{13}\sigma_r + a_{13}\sigma_\theta + a_{33}\sigma_z;$$

$$e_{\theta z} = a_{44}\,\sigma_{\theta z}; \;\; e_{rz} = a_{44}\,\sigma_{rz}; \;\; e_{r\theta} = 2(a_{11} - a_{12})\sigma_{r\theta}, \qquad (4)$$

где $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{33}, a_{44}$ – упругие податливости, являющиеся постоянными коэффициентами.

В работе [11] решена задача о распределении напряжений в массиве из трансверсально-изотропного материала с вертикальной цилиндрической полостью, имеющего плоскость изотропии, перпендикулярную оси *z*, получены следующие выражения для компонент напряжений (при условии, что $u_\theta = 0$ и, следовательно, $\tau_{r\theta} = 0$, $\tau_{\theta z} = 0$):

$$\sigma_r = \frac{a_{13}}{a_{11} + a_{12}}\gamma z\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right); \;\; \sigma_\theta = \frac{a_{13}}{a_{11} + a_{12}}\gamma z\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right); \;\; \sigma_z = -\gamma z; \;\; \sigma_{rz} = 0. \qquad (5)$$

Подставим в (5) усредненные значения упругих податливостей a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{33}, a_{44}, [12]. В результате получим

$$\sigma_r = -\frac{\lambda_1(\lambda_2 + 2\mu_2)h + \lambda_2(\lambda_1 + 2\mu_1)(1-h)}{(\lambda_1 + 2\mu_1)(\lambda_2 + 2\mu_2)}[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right);$$

$$\sigma_\theta = -\frac{\lambda_1(\lambda_2 + 2\mu_2)h + \lambda_2(\lambda_1 + 2\mu_1)(1-h)}{(\lambda_1 + 2\mu_1)(\lambda_2 + 2\mu_2)}[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right); \qquad (6)$$

$$\sigma_z = -[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z; \;\; \sigma_{rz} = 0.$$

Напряжение σ_θ в радиальных сечениях у поверхности шахты:

$$\sigma_\theta = -2\frac{\lambda_1(\lambda_2 + 2\mu_2)h + \lambda_2(\lambda_1 + 2\mu_1)(1-h)}{(\lambda_1 + 2\mu_1)(\lambda_2 + 2\mu_2)}[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z.$$

Это напряжение будет в два раза больше, чем в сплошном массиве без полости на таком же расстоянии *z* от горизонтальной плоскости, ограничивающей массив.

Если перемещения на поверхности шахты в радиальном направлении невозможны (например, когда боковая поверхность шахты закреплена трубой), то граничные условия на ней будут $u_r = 0$ и $\sigma_{rz} = 0$ при $r = R$. В этом случае радиальное напряжение, оказываемое массивом на стенку трубы:

$$\sigma_r = -\frac{\lambda_1(\lambda_2 + 2\mu_2)h + \lambda_2(\lambda_1 + 2\mu_1)(1-h)}{(\lambda_1 + 2\mu_1)(\lambda_2 + 2\mu_2)}[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z.$$

Если на поверхности шахты действует давление *qz*, меняющееся пропорционально расстоянию [11], то к напряжениям σ_r и σ_θ в формулах (6) добавятся соответственно

$$(\sigma_r)_1 = -\frac{qR^2}{r^2}z \;\text{ и }\; (\sigma_\theta)_1 = \frac{qR^2}{r^2}z.$$

Массив, состоящий из упруго-ползучих слоев

Пусть данный горный массив состоит из упруго-ползучих слоев, уравнения состояния для которых имеют вид

$$\sigma_{ij} = a_{ijkh}\varepsilon_{ij} + d_{ijkh} * \varepsilon_{ij}\ , (i, j = 1, 2, 3). \tag{7}$$

Здесь символ * обозначает оператор свертки:

$$d_{ijkh}(x,t) * \varepsilon_{ij} = \int_0^t d_{ijkh}(x, t-\tau)\varepsilon_{ij}(x,\tau)d\tau\,. \tag{8}$$

То, что ядра релаксации зависят от разности $t - \tau$, как доказал Вольтерра, вытекает из условия инвариантности величин компонент тензора напряжений σ_{ij} относительно изменений начала отсчета времени t.

Так как исходные слои упруго-ползучих материалов предполагаются изотропными, тензоры a_{ijkh} и d_{ijkh} $(i, j, k, h = 1,2,3)$ в (7) соответственно имеют вид [2]:

$$a_{ijkh} = \lambda\delta_{ij}\delta_{kh} + \mu(\delta_{ik}\delta_{jh} + \delta_{ih}\delta_{jk}), \tag{9}$$

$$d_{ijkh} = -(D_v(t) - \frac{1}{3}D_s(t))\delta_{ij}\delta_{kh} - \frac{1}{2}D_s(t)(\delta_{ik}\delta_{jh} + \delta_{ih}\delta_{jk})\,. \tag{10}$$

Здесь λ, μ – постоянные Ламе, δ_{ij} – символ Кронекера, $D_s(t)$ и $D_v(t)$ – регулярные части ядер сдвиговой и объемной релаксаций соответственно. Предположим, что $D_v(t) = kD_s(t)$, где $k = 0$ или $k = \text{const} > 1/3$. Далее $D_s(t)$ обозначим через D.

Пусть для каждого слоя ядро ползучести имеет вид: $D_i = d_i e^{-\alpha_i t}$, где α_i, d_i – постоянные, $\alpha_i > 0, d_i > 0, i = 1,2$, i – номер слоя, t – переменная, задающая время.

К уравнениям (7) с учетом (9), (10) применим преобразование Лапласа по времени:

$$\tilde{f}(p) = \int_0^\infty f(t)e^{-pt}dt\,.$$

В результате получим задачу теории упругости, в уравнениях которой все коэффициенты зависят от параметра p. К такой задаче применим метод усреднения [1]. Используя формулы (5) для компонент напряжений трансверсально-изотропного тела и выражения для усредненных (эффективных) модулей упругости, полученные в работе [12], запишем решение поставленной задачи в изображениях Лапласа:

$$\tilde{\sigma}_r = -\left\{\frac{[\lambda_1(p+\alpha_1) - j_1]h}{L_1(p+\alpha_1) - G_1} + \frac{[\lambda_2(p+\alpha_2) - j_2](1-h)}{L_2(p+\alpha_2) - G_2}\right\}[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]\,z\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right);$$

$$\tilde{\sigma}_\theta = -\left\{\frac{[\lambda_1(p+\alpha_1) - j_1]h}{L_1(p+\alpha_1) - G_1} + \frac{[\lambda_2(p+\alpha_2) - j_2](1-h)}{L_2(p+\alpha_2) - G_2}\right\}[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]\,z\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right); \tag{11}$$

$$\tilde{\sigma}_z = -[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z;\ \tilde{\sigma}_{rz} = 0.$$

После применения к (11) обратного преобразования Лапласа формулы для компонент напряжений будут иметь вид

$$\sigma_r = -\left\{e^{-\frac{L_1\alpha_1 - G_1}{L_1}t}\frac{(G_1\lambda_1 - j_1L_1)h}{L_1^2} + e^{-\frac{L_2\alpha_2 - G_2}{L_2}t}\frac{(G_2\lambda_2 - j_2L_2)(1-h)}{L_2^2} + \frac{\lambda_1L_2h + \lambda_2L_1(1-h)}{L_1L_2}\delta(t)\right\}\times$$

$$\times[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]\,z\left(1 - \frac{R^2}{r^2}\right), \tag{12}$$

$$\sigma_\theta = -\left\{e^{-\frac{L_1\alpha_1 - G_1}{L_1}t}\frac{(G_1\lambda_1 - j_1L_1)h}{L_1^2} + e^{-\frac{L_2\alpha_2 - G_2}{L_2}t}\frac{(G_2\lambda_2 - j_2L_2)(1-h)}{L_2^2} + \frac{\lambda_1L_2h + \lambda_2L_1(1-h)}{L_1L_2}\delta(t)\right\}\times$$

$$\times[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]\,z\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right), \tag{13}$$

$$\sigma_z = -[\gamma_1 h + \gamma_2 (1-h)]z; \ \ \sigma_{rz} = 0,$$

где $\delta(t)$ – дельта-функция Дирака. В этих формулах введены следующие обозначения (i – номер слоя, i = 1,2):

$$L_i = \lambda_i + 2\mu_i, G_i = d_i\left(k_i + \frac{2}{3}\right), j_i = d_i\left(k_i - \frac{1}{3}\right), \ \ L = L_1 h + L_2(1-h),$$

k_i – коэффициенты пропорциональности ядер объемной релаксации ядрам сдвиговой для каждого слоя. Кроме того, p_1, p_2 – корни следующего квадратного уравнения:

$$Lp^2 + [L(\alpha_1 + \alpha_2) - ((1-h)G_1 + hG_2)]p + [L\alpha_1\alpha_2 - G_2 h\alpha_1 - G_1(1-h)\alpha_2] = 0, \qquad (14)$$

имеющего положительный дискриминант

$$Disc = [G_2 h - G_1(1-h) + L(\alpha_1 - \alpha_2)]^2 + 4G_1 G_2 h(1-h).$$

Отсюда следует, что p_1, p_2 – действительные числа.

Напряжение σ_θ рядом с поверхностью круговой полости ($r = R$) для любых углов θ будет

$$\sigma_\theta = -2\left\{e^{-\frac{L_1\alpha_1 - G_1}{L_1}t}\frac{(G_1\lambda_1 - j_1 L_1)h}{L_1^2} + e^{-\frac{L_2\alpha_2 - G_2}{L_2}t}\frac{(G_2\lambda_2 - j_2 L_2)(1-h)}{L_2^2} + \frac{\lambda_1 L_2 h + \lambda_2 L_1(1-h)}{L_1 L_2}\delta(t)\right\}\times$$

$$\times[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z.$$

В случае, когда боковая поверхность шахты закреплена, например, трубой, шахта не оказывает влияния на напряжения, они будут такими же, как и в массиве без нее. На стенку трубы массив будет оказывать давление:

$$\sigma_r = -\left\{e^{-\frac{L_1\alpha_1 - G_1}{L_1}t}\frac{(G_1\lambda_1 - j_1 L_1)h}{L_1^2} + e^{-\frac{L_2\alpha_2 - G_2}{L_2}t}\frac{(G_2\lambda_2 - j_2 L_2)(1-h)}{L_2^2} + \frac{\lambda_1 L_2 h + \lambda_2 L_1(1-h)}{L_1 L_2}\delta(t)\right\}\times$$

$$\times[\gamma_1 h + \gamma_2(1-h)]z.$$

Если на поверхности шахты действует давление qz, меняющееся пропорционально расстоянию z (например, внутри находится жидкость [11]), то к напряжению σ_r в формуле (12) добавится $(\sigma_r)_1 = -\frac{qR^2}{r^2}z$, а к напряжению σ_θ в формуле (13) $(\sigma_\theta)_1 = \frac{qR^2}{r^2}z$.

Выводы

В работе применен метод усреднения, с помощью которого изучаются физические явления в неоднородных средах с периодической структурой. С помощью этого метода слоистый массив с вертикальной шахтой моделируется однородным трансверсально-изотропным полупространством с плоскостью изотропии, перпендикулярной вертикальной оси Oz. В результате получено распределение напряжений для различных граничных условий на поверхности шахты, когда между слоями выполнены условия идеального контакта. Рассмотрены два случая: изотропные чисто упругие слои и изотропные упруго-ползучие слои, для каждого из которых задано экспоненциальное ядро релаксации, зависящее от двух параметров. Эти параметры могут быть идентифицированы с помощью эксперимента.

Следует заметить, что использование в качестве ядер релаксации экспоненциальных ядер позволило в явном виде построить усредненную систему напряжений. Полученные в работе результаты могут быть весьма полезны для ряда прикладных задач.

Список литературы

1. Олейник О.А. Математические задачи теории сильно неоднородных сред / О.А. Олейник, Г.А. Иосифьян, А.С. Шамаев. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 311 с.

2. Ильюшин А.А. Основы математической теории термовязко-упругости / А.А. Ильюшин, Б.Е. Победря. – М.: Наука, 1975. – 281 с.

3. Андреев В.И. Механика неоднородных тел / В.И. Андреев. – М.: Юрайт, 2015. – 255 с.

4. Шамаев А.С. О спектре одномерных колебаний в периодической комбинированной слоистой среде / А.С. Шамаев, В.В. Шумилова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 4 (4). – С. 1882–1883.

5. Шамаев А.С. Прохождение плоской звуковой волны через слоистый композит с компонентами из упругого и вязкоупругого материалов / А.С. Шамаев, В.В. Шумилова // Акустический журнал. – 2015. – Т. 61, № 1. – С. 10–20.

6. Савенкова М.И. Применение метода осреднения в задаче упругопластического изгиба пластины / М.И. Савенкова, С.В. Шешенин, И.М. Закалюкина // Вестник МГСУ. – 2012. – № 9. – С. 156–164.

7. Савенкова М.И. Сравнение результатов конечно-элементного анализа с результатами асимптотического метода осреднения в задаче упругопластического изгиба пластины / М.И. Савенкова, С.В. Шешенин, И.М. Закалюкина // Вестник МГСУ. – 2013. – № 8. – С. 42–50.

8. Шамаев А.С. Асимптотическое поведение спектра одномерных колебаний в среде из слоев упругого материала и вязкоупругого материала Кельвина – Фойгта / А.С. Шамаев, В.В. Шумилова // Современные проблемы механики: сборник статей. Труды МИАН. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2016. – Т. 295. – С. 218–228.

9. Шамаев А.С. Усреднение уравнений состояния для гетерогенной среды, состоящей из слоев двух ползучих материалов / А.С. Шамаев, В.В. Шумилова // Современные проблемы механики: сборник статей. Труды МИАН. – М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2016. – Т. 295. – С. 229–240.

10. Bobyleva T.N. An Efficient Algorithm for Calculating Rheological Parameters of Layered Soil Media Composed from Elastic-Creeping Materials / T.N. Bobyleva, A.S. Shamaev // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2017. – V. 54(4). – P. 224–230.

11. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела / С.Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1977. – 416 с.

12. Bobyleva T. Approximate Method of Calculating Stresses in Layered Array / T. Bobyleva // Procedia Engineering. – 2016. – № 153. – P. 103–106.

УДК 004.05:004.822

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ ПРИ СВЯЗЫВАНИИ ОБЪЕКТНЫХ СПЕЦИФИКАЦИЙ ПО СЕМАНТИКЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Бубарева О.А., Ведриганов С.А.

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийский технологический институт (филиал), Бийск, e-mail: angel@bti.secna.ru, vedriganov.sergei@mail.ru

Данная статья посвящена исследованию особенностей процесса интеграции информационных систем. Использование международных стандартов при разработке программных комплексов помогает поддерживать высокое качество их функционирования. Но при интеграции информационных систем в области связывания объектных спецификаций программ могут возникать ошибки. Недостаточное качество программ может нанести ущерб, значительно превышающий положительный эффект от их использования. В статье рассмотрена постановка задачи интеграции программных систем на основе онтологического подхода. Выделены основные конфликты, возникающие при сопоставлении предметных областей, которые влияют на показатели устойчивости функционирования и работоспособности программных систем. Предложены метрики и шкала для описания характеристик качества процесса интеграции программных систем. Использована методика оценки качества программных систем, которая базируется на аналитической иерархической процедуре Саати. В качестве тестовых информационных систем для интеграции были выбраны система учета лицензионного программного обеспечения и система материально-технического обеспечения института. Описывается вычислительный эксперимент для тестирования метода оценки. В рамках данного исследования были определены инструменты и методы, которые с минимальной погрешностью обрабатывают конфликты данных при интеграции онтологий программных систем.

Ключевые слова: программная система, оценка качества, интеграция, онтология

EVALUTION OF THE QUALITY OF SOFTWARE WHEN BINDING OBJECT SPECIFICATIONS ON THE SEMANTICS OF THE ONTOLOGICAL LEVEL

Bubareva O.A., Vedriganov S.A.

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Altai State Technical University I.I. Polzunov», Biysk Technological Institute (branch), Biysk, e-mail: angel@bti.secna.ru, vedriganov.sergei@mail.ru

This article is devoted to the study of the features of the process of integration of information systems. The use of international standards in the development of software packages helps maintain high quality of their functioning. But when integrating information systems in the field of binding object program specifications, errors can occur. Insufficient quality programs can cause damage, far exceeding the positive effect of their use. The article considers the problem of integration of software systems based on the ontological approach. The main conflicts that arise in the comparison of subject areas that affect the indicators of the stability of the functioning and operability of software systems are identified. Metrics and a scale are proposed for describing the quality characteristics of the integration process of software systems. We used a methodology for evaluating the quality of software systems, which is based on the analytical hierarchical procedure of Saati. As a test information system for integration, the licensed software accounting system and the material and technical support system of the Institute were chosen. A computational experiment for testing the estimation method is described. In the framework of this study, tools and methods were identified that handle data conflicts with minimal errors in the integration of ontologies of software systems.

Keywords: program system, quality assessment, integration, ontology

На сегодняшний день для интеграции информационных систем и ресурсов сети Интернет применяется широкий набор инструментов, включающий различные варианты обмена через файловые выгрузки, SOAP вебсервисы, использование шин обмена данными, систем управления нормативно-справочной информацией, т.е. MDM-систем. Но представленные варианты являются лишь инструментами, не решающими проблему, конфликт, возникающий при интеграции, а именно: семантическую неоднородность данных, которую решают посредством описания предметной области, спецификаций структуры, поведения объектов, проверкой и согласованием предметной области.

Описывая предметные области, чаще всего прибегают к онтологиям.

Применение онтологий в процессе объединения программных продуктов позволяет повысить эффективность данного процесса.

Объединяют онтологии с целью выявления соответствия предметных областей друг другу. Интеграцию, слияние производят посредством инструментальных средств онтологического инжиниринга. Но какие средства лучше справляются с поиском соответствий и выявлением ошибок?

На сегодняшний день известно множество методов оценки качества программного обеспечения, поэтому задача выбора оптимального для оценки качества становится наиболее сложной.

Оценка качества программных систем работающих с онтологиями, позволяет оценить эффективность их использования, что является достаточно актуальной проблемой современного онтологического инжиниринга и интеграции.

Для оценки качества в исследовании выступали конфигурации, разработанные на основе платформы 1С: Предприятие 8, для использования в стенах института: ИС учета лицензионного программного обеспечения института, ИС материально-технического обеспечения института.

Таким образом, цель научной работы заключается в оценке качества программных систем при связывании объектных спецификаций по семантике онтологического уровня.

Для решения поставленной цели было необходимо решить следующие частные задачи:

– проанализировать данные о системах процесса интеграции онтологий;

– предложить методику оценки программных средств;

– сформировать набор номенклатуры показателей качества оцениваемых программных систем;

– провести эксперимент и анализ полученных результатов.

Инструментальные средства

На сегодняшний день накопилось много онтологий из разных сфер деятельности. Но, когда возникает вопрос их совместного использования, образуется задача, как объединить не соответствующие друг другу из разных направлений онтологии?

На помощь приходят инструменты объединения.

К таким инструментам относят инструменты отображения, выравнивания и объединения онтологий.

Отображение (mapping) – находит смысловые связи между подобными элементами из различных онтологий [1].

Выравнивание (alignment) – данный вид инструмента устанавливает вид соответствий (или связей) между предлагаемыми онтологиями, в последующем сохраняет используемые онтологии, а в будущем используют информацию друг друга [1].

Объединение (merging) – создает одну онтологию из двух исходных [1].

В работах [2, 3] отмечается, что «только на основе отображения онтологий решается задача интеграции онтологий», т.е. задача создания новой онтологии и ее частей из двух или нескольких исходных онтологий.

Таким образом, в контексте данной работы основным инструментом объединения стало отображение.

Инструментальными средствами, которые имеют дело с нахождением связей между онтологиями, являются PROMPT, Chimaera, OntoMerge, OntoMorph, OBSERVER, FCA-Merge, ONION.

Проведя проверку работоспособности предложенных средств и средств, описанных в работе [4, 5], выявляется тенденция устаревания, ввиду прекращения работ по поддержке Web-ресурса, обновлению баз онтологий, отключения сайта из-за неуплаты хостинга. Ресурсы, представленные в [4, 5], являются узкоспециализированными и не подходящими для проведения работ в данном исследовании.

Из всего предложенного списка действующими инструментами являются: Chimaera, OntoMerge и PROMPT.

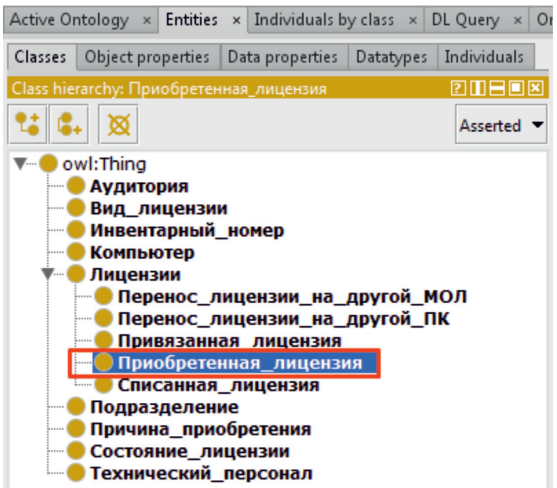
Данные инструменты будут представлены к оценке экспертам.

На рисунке представлен фрагмент онтологии ИС учета лицензионного программного обеспечения института, разработанный в Protege, который в последующем будет использован для интеграции.

Методология

Существует много методов оценки качества, но известными стали три.

Метод, применяющий за базу «золотой стандарт», методы ручного-экспертного оценивания (где одним из популярных и применяемых такими корпорациями, как «Toyota», «General Motors», «Apple» и др., является «метод анализа иерархий»), метод косвенной оценки с использованием других приложений [6].



Онтология ИС учета лицензионного программного обеспечения института в PROMPT

Первый метод основан на разработке идеального прототипа онтологии по документам и данным организации, в последующем из которого удаляют части концептов, экземпляры, связи и запускают процессы конструирования онтологии. По завершению итоговую онтологию сравнивают с золотым стандартом. Данный метод применяется, но имеет коллизии субъективности и полноты онтологий, что может занизить оценку программы интегрирования.

Экспертное оценивание онтологий осуществляется путем применения списка критериев, к примеру: объемность онтологии, согласованность данных, полнота, точность структурирования и много других.

Применяя данный способ, с большим количеством участников-экспертов и точно сформулировав критерии, в большинстве случаев удается избежать вышеупомянутых проблем.

Одним из видов экспертного оценивания является метод анализа иерархий.

Метод Анализа Иерархий (далее по тексту МАИ) – математический инструмент системного подхода к решению проблем принятия решений. Суть МАИ – не наталкивать человека или программу, принимающие решение, на какой-то «правильный» путь, выбор, а дать ему возможность, общаясь путем диалога, сделать тот выбор, который лучше всего подходил бы под его восприятие сущности задачи и проблемы, и способам ее решения.

К важному достоинству данного метода причисляют его универсальность, так как он применяется в любых задачах, например: предугадывание сценария развития событий, планирование расхода ресурсов, оценивание клиентов и персонала, решение кадровых проблем и др.

Косвенный метод оценки использует сторонние приложения, перенося задачи оценки в ранее исследованные области, например систему поиска в интернете. Судить о качестве онтологии можно, используя построенную онтологию, путем оценивания полноты и точности поиска. Применяя данный метод, не требуется каких-либо затрат, но нужно знать, точность оценки минимальна, из-за влияния большого количества обстоятельств. Поэтому оценивать онтологии таким методом не рекомендуется.

Из представленного описания методов оценки качества программ связывающих онтологии, видны недостатки в двух методах, поэтому для оценивания программ связывания онтологий был выбран метод экспертного оценивания.

Критерии оценивания

Интеграция данных может обеспечиваться на физическом, логическом и семантическом уровне.

Первые два уровня за последнее время достаточно проработаны, в отличие от семантического уровня. Он позволяет рассмотреть семантические свойства онтологии предметной области и создать единую систему представления данных.

Но при использовании данного подхода возникает проблема разности онтологий и источников данных.

Данные противоречия рождают проблемы, препятствующие интеграции.

К таким проблемам относят конфликты, выражающиеся в гетерогенности метаданных и данных.

Конфликты, возникающие в гетерогенных системах, выражаются в несоответствии понятий, используемых в одной и другой БД, и представляются в виде конфликтов наименований, семантики и структур [7].

К ним относят: конфликт атрибут – атрибут; конфликт атрибут – сущность; конфликт сущность – связь и т.д.

В исследовании для определения качества программных систем выбраны наиболее часто встречающиеся конфликты при связывании онтологий: омонимии, синонимии, атрибут – атрибут, атрибут – сущность, сущность – связь, конфликт типов и масок данных.

Данные критерии стали основными в анкете экспертов.

Оценка

В качестве способа оценки пакетов был выбран метод экспертного оценивания [8].

Основной задачей для группы экспертов состоящей из 8 человек, было проведение интеграции разработанных онтологий в представленных пакетах и их оценка по критериям, в качестве которых выступали конфликты, т.е. оценка того, на сколько программа справляется с выявлением и устранением конфликтов.

Подбор экспертов осуществлялся по методу Шара (суть данного метода заключается в привлечении одного эксперта, который в последующем приведет за собой таких же экспертов, как он).

Для проведения оценки был подготовлен зал с рабочими местами для экспертов. Зал разделен на восемь ячеек, перегороженных между собой.

Таким образом, каждый эксперт не мог видеть эксперта по соседству, что сократило давление авторитетных экспертов.

Для определения весовых значений критериев, перед оценкой, экспертам были представлены выбранные критерии для установки весовых значений.

В результате установки значений каждым экспертом должно получиться среднее

значение. Расчет средних значений был проведен по формуле

$$Kf = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ex_i}{8}, \quad (1)$$

где Ex_i – коэффициент, представленный экспертом;
n – номер эксперта.

Таким образом, представленные на обозрение критерии были оценены экспертами и представлены в табл. 1.

В ходе исследования перед проведением процедуры было принято, что анкетирование будет анонимным с целью получения большего количества правдивых ответов.

Значения шкалы для оценки выбраны в диапазоне от 1 до 10.

При оценке эксперты руководствовались следующим правилом:
– «плохо» от 1 до 4;
– «хорошо» от 5 до 8;
– «отлично» от 9 до 10.

Таблица 1

Результаты оценки критериев экспертами

Конфликт (критерий)	Коэффициент
Омонимия	0,129
Синонимия	0,253
Атрибут – атрибут	0,071
Атрибут – сущность	0,097
Сущность – связь	0,152
Конфликт типов и масок данных	0,298

После оценивания суммарные значения критериев рассчитывались по формуле

$$SKE = \frac{Kr_1 + ... + Kr_n}{n} \times Kf, \quad (2)$$

где Kr – критерий,
Kf – коэффициент,
n – количество экспертов.

Результаты расчётов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Суммарные значения критериев

Критерий	Chimaera	OntoMerge	PROMPT
Омонимия	0,61275	0,774	0,93525
Синонимия	1,32825	1,423125	1,771
Атрибут – атрибут	0,417125	0,37275	0,58575
Атрибут – сущность	0,55775	0,424375	0,65475
Сущность – связь	0,798	0,703	0,931
Конфликт типов и масок данных	1,5645	1,788	1,82525
Итого:	5,278	5,485	6,703

После подсчетов в итоге, по оценке экспертов, инструментальным средством для интеграции онтологий, которое справилось лучше других с конфликтами, стал плагин Protege – PROMPT.

Важным выводом стало то, что существует прямая зависимость того, как будут связаны слоты каждого класса связываемых онтологий от качества и специализированности используемых пакетов для интеграции.

Данное исследование показывает, комбинации каких методов и инструментальных средств позволяют достичь сокращения большой итеративности, сроков и повышения качества объединяемых онтологий при интеграции систем с разнородными данными, различными степенями качества разработки.

Заключение

Таким образом, проделанная работа показывает, что процесс интеграции информационных систем в достаточной мере может занижать качество программного продукта. Это показывает целый ряд выявленных конфликтов при сопоставлении данных, которые влияют на показатели устойчивости функционирования и работоспособности программных систем. Доказано, что на уровне сопоставления онтологических моделей возрастает качество программных систем.

Список литературы

1. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: курс лекций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.intuit.ru/department/expert/ontoth (дата обращения: 23.03.2018).

2. Бубарева О.А. Модель, алгоритмы и программное обеспечение интеграции данных информационных систем на основе онтологий (на примере вуза): дис. … канд. тех. наук. – Бийск, 2014. – 137 с.

3. Бубарева О.А. Интеграция неоднородных онтологий на основе их семантической близости // Информация и образование: границы коммуникаций. – 2012. – Т. 4(12). – С. 456–457.

4. Боргест Н.М. Онтология проектирования: учеб. пособие / Н.М. Боргест. – Самара: СГАУ. – 2010. – 91 с.

5. Боргест Н.М., Симонова Е.В., Шустова Д.В. Решение проектных задач с помощью онтологических систем: метод. указания к лаб. раб. – Самара: СГАУ, 2010. – 128 с.

6. Морозова О.А. Интеграция корпоративных информационных систем: М80 учебное пособие / О.А. Морозова. – М.: Финансовый университет, 2014. – 140 с.

7. Липаев В. Оценка качества программных средств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.interface.ru/home.asp?artId=3987 (дата обращения: 23.04.2018).

8. Процедура Саати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gorskiy.ru/Articles/Dmss/AHP.html (дата обращения: 05.03.2018).

УДК 62-192:621:51-7

ФУНКЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАРАБОТОК ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК СМЕСЬ *n* ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Вайнштейн В.И.

Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: VVaynshtyayn@sfu-kras.ru

В работе получено представление в виде степенных рядов функции восстановления (среднего числа отказов на промежутке от 0 до t) простого процесса восстановления, когда наработки до отказа восстанавливаемых (заменяемых) элементов распределены в виде смеси n функций распределения. При решении многих практических задач, возникающих при эксплуатации технических систем, у которых отказы имеют случайный характер, важное значение имеет знание функции восстановления – математического ожидания числа отказов за любое время от начала эксплуатации. Рассматриваются случаи смесей, состоящих из n характерных для теории надежности технических систем распределений Вейбулла – Гнеденко, Эрланга, Рэлея, нормальных, Максвелла соответственно. Указанные классические распределения не более чем одномодальны, что сужает их приложение в решении практических задач надежности технических систем. Смесь распределений позволяет описывать наработки элементов технических систем с полимодальными распределениями. Целью работы является представление функций восстановления для смесей ряда классических законов распределений наработок до отказа восстанавливаемых элементов. Полученные в работе функции восстановления расширяют сферу применения методов теории надежности при решении практических задач эксплуатации технических систем.

Ключевые слова: распределение, смесь функций распределения, процесс и стратегии восстановления

RECOVERY FUNCTIONS OF ELEMENTS OF TECHNICAL SYSTEMS WHICH OPERATION TIME DISTRIBUTION IS A MIXTURE OF *n* FUNCTIONS DISTRIBUTIONS

Vaynshteyn V.I.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: VVaynshtyayn@sfu-kras.ru

In paper obtained a representation in the form of power series of the recovery function (the average number of failures in the interval from 0 to t) of a simple recovery process, when the operating time to failure of the elements being recovered (replaced) is distributed as a mixture of n distribution functions. The paper considers the cases of mixtures consisting of the technical systems of Weibull-Gnedenko, Erlang, Rayleigh, normal, and Maxwell distributions typical of the reliability theory. These classical distributions are not more than one-dimensional. A mixture of distributions allows to describe the developments of elements of technical systems with multimodal distributions. The aim of the paper is to represent the recovery functions for mixtures of a number of classical laws of distributions of developments. The recovery functions in the work expand the sphere of application of the methods of reliability theory in solving practical problems of operating technical systems.

Keywords: distribution function, of a mixture of distribution functions, process and recovery strategy

Наряду со случайной наработкой элемента (системы) до отказа и ее функции распределения, важное значение в теории надежности технических систем имеет функция восстановления (математическое ожидание числа отказов за время от 0 до t). Следует отметить значение функции восстановления при выборе и оптимизации стратегий эксплуатации, где, например, наряду с аварийными восстановлениями проводятся профилактические [1–3].

Простым (обычным) процессом восстановления называется последовательность неотрицательных взаимно независимых случайных величин X_i – наработок элементов от i –1-го до i-го отказа, имеющих одну и ту же функцию распределения $F(t)$ [4, 5].

Функция восстановления $H(t)$ простого процесса восстановления определяется по формуле

$$H(t) = \sum_{k=1}^{\infty} F^{(k)}(t), \qquad (1)$$

где $F^{(k)}(t)$ – к-кратная свертка функции распределения $F(t)$:

$$F^{(1)}(t) = F(t), F^{(k)}(t) =$$

$$= (F^{(k-1)} * F)(t) = \int_0^t F^{(k-1)}(t-x)dF(x),$$

или как решение интегрального уравнения [1, 3, 4]

$$H(t) = F(t) + \int_0^t H(t-x)dF(x). \qquad (2)$$

Для многих известных законов распределения наработок элементов технических систем, например экспоненциального, Вейбулла – Гнеденко, Эрланга, нормального, Максвелла и др., функция восстановления

получена в явном виде или выписана в виде степенных рядов [1, 4]. Отметим, что плотности распределений этих и многих других известных законов не более чем одномодальны. Это сужает их приложение в решении практических задач надежности технических систем.

Смесь распределений позволяет получать бимодальные (двухвершинные) и даже полимодальные плотности [4].

Интенсивность отказов смеси экспоненциальных распределений имеет период приработочных отказов, и с увеличением продолжительности работы интенсивность становится практически постоянной [6]. Это существенно отличает смесь экспоненциальных распределений от одного экспоненциального распределения. При экспоненциальном распределении интенсивность отказов постоянна – период приработки, так важный и характерный в начальный период работы многих технических систем, отсутствует.

Целью работы является нахождение функций восстановления, когда наработки восстанавливаемых элементов распределены в виде смесей указанных выше законов распределения. Работа представляет собой продолжение исследований, начатых в [4, 6].

Нахождение функций восстановления

Пусть случайные наработки, образующие процесс восстановления, распределены как смесь n функций распределения $F_i(t)$:

$$F(t)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i F_i(t),\lambda_i\ge 0,\sum_{i}^{n}\lambda_i=1.$$

Для этого случая формула (1) принимает вид

$$H(t)=\sum_{k=1}^{\infty}F^{(k)}(t)=\sum_{k=1}^{\infty}(\sum_{i=1}^{n}\lambda_i F_i)^{(k)}(t)=$$

$$=\sum_{k=1}^{\infty}\sum_{i_1+i_2+...+i_n=k}\frac{k!}{i_1!i_2!...i_n!}\lambda_1^{i_1}\lambda_2^{i_2}...\lambda_n^{i_n}(F_1^{(i_1)}*F_2^{(i_2)}*...*F_n^{(i_n)})(t).$$

Здесь использована формула

$$(a_1+a_2+...+a_n)^k=\sum_{i_1+i_2+...+i_n=k}\frac{k!}{i_1!i_2!...i_n!}a_1^{i_1}a_2^{i_2}...a_n^{i_n}.$$

Суммирование ведется по целым неотрицательным $i_1,i_2,...,i_n$, таковым, что $i_1+i_2+...+i_n=k$.

Функция восстановления при смеси нормальных распределений

$$F_i(t)=\Phi\left(\frac{t-\mu_i}{\sigma_i}\right),\Phi(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{t}e^{-\frac{x^2}{2}}dx.$$

Учитывая, что распределение суммы n независимых случайных величин определяется n-кратной сверткой их функций распределения и что сумма независимых нормально распределенных случайных величин также распределена по нормальному закону, причем математические ожидания и дисперсии суммируются, имеем

$$F_i^{(j)}(t)=\Phi\left(\frac{t-j\mu_i}{\sigma_i\sqrt{j}}\right),\ (F_1^{(i_1)}*F_2^{(i_2)}*...*F_n^{(i_n)})(t)=\Phi\left(\frac{t-\sum_{j=1}^{n}i_j\mu_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sigma_j^2 i_j}}\right).$$

Таким образом:

$$H(t)=\sum_{k=1}^{\infty}\sum_{i_1+i_2+...+i_n=k}\frac{k!\prod_{j=1}^{n}\lambda_j^{i_j}}{\prod_{j=1}^{n}i_j!},\ \Phi\left(\frac{t-\sum_{j=1}^{n}i_j\mu_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sigma_j^2 i_j}}\right).$$

Функция восстановления при $n = 2$ получена в [4]:

$$H(t)=\sum_{k=1}^{\infty}\sum_{j=0}^{k}C_k^j\lambda^{k-j}(1-\lambda)^j\Phi\left(\frac{t-((k-j)\mu_1+j\mu_2)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sigma_1^2(k-j)+\sigma_2^2 j}}\right),0<\lambda<1,$$

где $C_k^j=\dfrac{k!}{j!(k-j)!}$ – количество сочетаний из k элементов по j.

Далее функция восстановления при других законах распределения будет найдена в виде рядов как решение интегрального уравнения (2).

Рассмотрим подробное изложение для случая смеси распределений Вейбулла – Гнеденко. Для других распределений, рассматриваемых в работе, нахождение функции восстановления проводится аналогично.

Функция восстановления при смеси распределений Вейбулла – Гнеденко

$$f_i(t)=\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k+1}\frac{\gamma_i t^{\gamma_i k-1}}{\Theta_i^{\gamma k}(k-1)!},\ t\ge 0,\gamma_i>0,\Theta_i>0,\ F_i(t)=1-e^{-(\frac{t}{\Theta_i})^{\gamma_i}}=\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k+1}\frac{t^{\gamma_i k}}{\Theta_i^{\gamma_i k}k!},$$

Будем рассматривать случай $\gamma_i = \gamma$. Имеем

$$F(t)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k+1}\frac{t^{\gamma k}}{\Theta_i^{\gamma k}k!}=\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k+1}\frac{B_{k,n}t^{\gamma k}}{k!},\qquad(3)$$

$$f(t)=\gamma\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k+1}\frac{B_{k,n}t^{\gamma k-1}}{(k-1)!},\ B_{k,n}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\lambda_i}{\Theta_i^{\gamma k}}.$$

Функцию восстановления находим в виде

$$H(t)=\sum_{m=1}^{\infty}C_m t^{\gamma m}.\qquad(4)$$

Вычисляем интеграл $\int_0^t H(t-x)dF(x)$:

$$\int_0^t H(t-x)dF(x)=\int_0^t(\sum_{m=1}^{\infty}C_m(t-x)^{\gamma m}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k+1}\frac{B_{k,n}\gamma x^{\gamma k-1}}{(k-1)!})dx=$$

$$=\gamma\sum_{k=1}^{\infty}((-1)^{k+1}\frac{B_{k,n}}{(k-1)!}\sum_{m=1}^{\infty}C_m\int_0^t(t-x)^{\gamma m}x^{\gamma k-1}dx)=$$

$$=\gamma\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k+1}\frac{B_{k,n}}{(k-1)!}\sum_{m=1}^{\infty}C_m\frac{\Gamma(\gamma m+1)\Gamma(\gamma k)}{\Gamma(\gamma(m+k)+1)}t^{\gamma(m+k)}=$$

$$=\gamma\sum_{s=2}^{\infty}\frac{t^{\gamma s}}{\Gamma(\gamma s+1)}\sum_{k+m=s,k\ge1,m\ge1}(-1)^{k+1}\frac{B_{k,n}\Gamma(\gamma m+1)\Gamma(\gamma k)}{(k-1)!}C_m=$$

$$=\gamma\sum_{s=2}^{\infty}\frac{t^{\gamma s}}{\Gamma(\gamma s+1)}\sum_{k=1}^{s-1}(-1)^{k+1}\frac{B_{k,n}\Gamma(\gamma(s-k)+1)\Gamma(\gamma k)}{(k-1)!}C_{s-k}.\qquad(5)$$

Здесь учтено, что [7]

$$\int_0^t (t-x)^{\alpha} x^{\beta} dx = t^{\alpha+\beta+1} \frac{\Gamma(\alpha+1)\Gamma(\beta+1)}{\Gamma(\alpha+\beta+2)},\ \ \Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{x-1} e^{-t} dt \ \text{– гамма-функция},\ \ \Gamma(n+1) = n!$$

Следует обратить внимание на возможность обозначить $m + k = s$, что приводит в (5) только к одной бесконечной сумме по s.

Такая возможность используется для других рассматриваемых в работе законов распределения, образующих смесь.

Подставляем (3), (4), (5) в интегральное уравнение (2):

$$\sum_{m=1}^{\infty} C_m t^{\gamma m} = \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^{k+1} \frac{B_{k,n} t^{\gamma k}}{k!} + \gamma \sum_{s=2}^{\infty} \frac{t^{\gamma s}}{\Gamma(\gamma s+1)} \sum_{k=1}^{s-1} (-1)^{k+1} \frac{B_{k,n} \Gamma(\gamma(s-k)+1)\Gamma(\gamma k)}{(k-1)!} C_{s-k}. \quad (6)$$

Приравнивая в (6) коэффициенты при одинаковых степенях t, находим C_m:

$$C_1 = B_1,\ \ C_m = (-1)^{k+1} \frac{B_{k,n}}{k!} + \frac{\gamma}{\Gamma(m\gamma+1)} \sum_{k=1}^{m-1} (-1)^{k+1} \frac{B_{k,n} \Gamma(\gamma(m-k)+1)\Gamma(\gamma k)}{(k-1)!} C_{m-k}, m \geq 2.$$

Для случая $n = 1$ представление функции восстановления в виде ряда получено в [8]. Представление функции восстановления в виде ряда для периодического процесса восстановления k-го порядка при наработках, распределенных по закону Вейбулла – Гнеденко, рассмотрено в [4, 9, 10].

Поступая аналогично нахождению функции восстановления при смеси распределений Вейбулла – Гнеденко, выпишем функции восстановления для ряда смесей распределений, характерных в теории надежности технических систем.

Далее представлены плотности и функции распределения рассматриваемых законов и соответствующих им смесей с полученными представлениями в виде рядов функций восстановления.

Функция восстановления при смеси распределений Эрланга порядка l

$$f_i(t) = \frac{\alpha_i^l t^{l-1}}{(l-1)!} e^{-\alpha_i t} = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{E_{k,n} t^{k+l-1}}{k!(l-1)!},\ \ f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{E_{k,n} t^{k+l-1}}{k!(l-1)!},$$

$$F(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{E_{k,n} t^{k+l}}{(k+l)k!(l-1)!},\ \ E_{k,n} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \alpha_i^{k+l}.$$

$$H(t) = \frac{E_{0,n}}{l!} t^l + \sum_{m=l+1}^{\infty} C_m t^m,$$

$$C_m = 0, m < l;\ \ C_l = \frac{E_{0,n}}{l!},$$

$$C_m = (-1)^{m-l} \frac{E_{m-l,n}}{m(m-l)!(l-1)!} + \frac{1}{(l-1)!m!} \sum_{k=0}^{m-l-1} (-1)^k \frac{E_{k,n}(k+l-1)!(m-k-l)!}{k!} C_{m-k-l},$$

$$m \geq l+1.$$

Функция восстановления при смеси экспоненциальных распределений

При $l = 1$ распределение Эрланга является экспоненциальным. Из формул для распределения Эрланга следует

$$f_i(t) = \alpha_i e^{-\alpha_i t} = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{\alpha_i^{k+1} t^k}{k!},\ \ f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{E_{k,n} t^k}{k!},\ \ E_{k,n} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \alpha_i^{k+1},$$

$$H(t) = E_{0,n}t + \sum_{m=2}^{\infty} C_m t^m,$$

$$C_1 = E_{0,n},\ C_m = (-1)^{m-1}\frac{E_{m-1,n}}{m!} + \frac{1}{m!}\sum_{k=0}^{m-2}(-1)^k E_{k,n}(m-k-1)!C_{m-k-1},\ m \geq 2.$$

Функция восстановления при смеси распределений Рэлея

$$f_i(t) = \frac{t}{\sigma_i^2}e^{-\frac{t^2}{2\sigma_i^2}} = \sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k\frac{t^{2k+1}}{k!2^k\sigma_i^{2k+2}}, \sigma_i \geq 0,\ f(t) = \sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k\frac{R_{k,n}t^{2k+1}}{k!2^k},\ R_{k,n} = \sum_{i=1}^{n}\frac{\lambda_i}{\sigma_i^{2k+2}},$$

$$F(t) = \sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k\frac{R_{k,n}t^{2k+2}}{k!2^k(2k+2)},$$

$$H(t) = \frac{R_{0,n}}{2}t^2 + \sum_{m=2}^{\infty}C_m t^{2m},$$

$$C_1 = \frac{R_{0,n}}{2}, C_m = (-1)^{m-1}\frac{R_{m-1,n}}{m!2^m} + \frac{1}{(2m)!}\sum_{k=0}^{m-2}(-1)^k\frac{R_{k,n}(2k+1)!(2(m-k-1))!}{k!2^k}C_{m-k-1}, m \geq 2.$$

Функция восстановления при смеси распределений Максвелла

$$f_i\ (t) = \frac{4h_i^3}{\sqrt{\pi}}t^2e^{-h_i^2t^2} = \frac{4}{\sqrt{\pi}}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}\frac{h_i^{2k+1}}{(k-1)!}t^{2k},\ f(t) == \frac{4}{\sqrt{\pi}}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}\frac{t^{2k}}{(k-1)!}M_{k,n},$$

$$F(t) = \frac{4}{\sqrt{\pi}}\sum_{k=1}^{\infty}(-1)^{k-1}\frac{M_{k,n}t^{2k+1}}{(2k+1)(k-1)!},\ M_{k,n} = \sum_{i=1}^{n}\lambda_i h_i^{2k+1},$$

$$H(t) = \sum_{k=1}^{\infty}C_k t^{2k} + \sum_{k=1}^{\infty}E_k t^{2k-1},$$

$$C_1 = 0, E_1 = 0,\ C_2 = 0,\ E_2 = \frac{4}{3\sqrt{\pi}}M_{1,n},\ C_3 = \frac{4}{45\pi}(M_{1,n})^2,\ E_3 = -\frac{4M_{2,n}}{5\sqrt{\pi}},$$

при $m \geq 3$:

$$C_m = \frac{4}{\sqrt{\pi}(2m)!}\sum_{k=1}^{m-1}(-1)^{k-1}\frac{M_{k,n}}{(k-1)!}(2(m-k)-1)!(2k)!E_{ms-k},$$

$$E_m = \frac{(-1)^m 4M_{k,n}}{\sqrt{\pi}(2m-1)(m-2)!} + \frac{4}{\sqrt{\pi}(2m+1)!}\sum_{k=1}^{m-2}(-1)^{k-1}\frac{M_{k,n}}{(k-1)!}(2(m-k-1))!(2k)!C_{ms-k-1}.$$

Замечание. Алгоритмы и программы нахождения численных значений параметров, входящих в смесь функций распределения, рассмотрены в работах [4, 11, 12].

Заключение

При решении многих практических задач работы технических систем, у которых отказы имеют случайный характер, важное значение имеет знание функции восстановления – математического ожидания числа отказов за любое время от начала эксплуатации. Например, при выборе стратегий эксплуатации и их оптимизации, когда наряду с аварийными восстановлениями проводятся профилактические.

В теории надежности для классических законов распределения наработок до отказа элементов технических систем функции восстановления известны. Естественно, эти законы не могут охватить разнообразие возможных распределений наработок до от-

каза в периоде эксплуатации. Например, не более чем одномодальность их плотностей сужает сферу их применения.

Смесь распределений позволяет получать бимодальные (двухвершинные) и даже полимодальные плотности.

Отметим, что знание функции восстановления при простом процессе восстановления позволяет находить функцию восстановления для других моделей процессов восстановления. Например, для общего процесса восстановления, когда функции распределения восстанавливаемых при отказах элементов совпадают, начиная только после первого восстановления.

Пусть $F_1(t)$ – функция распределения времени работы элемента до первого отказа, $F(t)$ – функция распределения времени работы восстанавливаемых при отказах элементов после первого отказа. Заметим, что после первого восстановления начинается простой процесс восстановления с функцией распределения $F(t)$.

Если $H_1(t)$, $H(t)$ – функции восстановления общего и простого процесса восстановления соответственно, то [1, 4]

$$H_1(t) = F_1(t) + \int_0^t H(t-x)dF_1(x).$$

Функции восстановления общего процесса восстановления находятся соответствующим интегрированием функции восстановления простого процесса.

Полученные в работе представления функций восстановления для смесей ряда классических законов распределений наработок, расширяют сферу применения методов теории надежности при решении практических задач эксплуатации технических систем.

Список литературы

1. Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: пер. с англ. / Ф. Байхельт, П. Франкен. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.

2. Vainshtein V.I., Vainshtein I.I., Mikhal'chenko G.E. Optimization of the strategy of recovering technical systems with preventive recoveries. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2015, vol. 44, no. 1, pp. 79–83.

3. О выборе стратегий эксплуатации технических систем / И.И. Вайнштейн [и др.] // Вестник Сибирского государственного университета им. акад. М.Ф. Решетнева. – 2015. – № 3 (54). – С. 645–650.

4. Вайнштейн И.И. Процессы и стратегии восстановления с изменяющимися функциями распределения в теории надежности / И.И. Вайнштейн. – Красноярск: СФУ, 2016. – 189 с.

5. Боровков А.А. Теория вероятностей / А.А. Боровков. – М.: Либроком, 2009. – 652 с.

6. Vaynshteyn I.I., Fedotova I.M., Tsibul'skiy G.M., Vaynshteyn Y.V. Renewal process and operation strategies in the theory of reliability of technical systems under prefailure lives distributed as a mixture of two exponential distributions. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2017, vol. 46, no .2, pp. 84–90.

7. Лебедев Н.Н. Специальные функции и их приложение / Н.Н. Лебедев. – М.: Лань, 2010. – 368 с.

8. Smith W.E., Leadbetter M.R. On the renewal function for the Weibull distribution // Technometrics. 1963. Vol. 5. pp. 363–396.

9. Вайнштейн В.И. Математическое и программное обеспечение оптимизации проведения профилактических восстановлений при эксплуатации информационно-вычислительных систем: дис. … канд. ф.-м. наук. – Красноярск, 2006. – 149 с.

10. Вайнштейн И.И. Представление функции восстановления в виде степенных рядов и их сходимость / И.И. Вайнштейн, О.О. Шмидт // Исследование в России. – 2008. – Т. 48. – С. 549–554.

11. Королев В.Ю. Вероятностно-статистические методы декомпозиции волатильности хаотических процессов / В.Ю. Королев. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 512 с.

12. Gorshenin A.K., Korolev V.Y., Tursunbaev A.M. Median modifications of the EM-algorithm for separation of mixtures of probability distributions and their applications to the decomposition of volatility of financial indexes. Journal of Mathematical Sciences, 2017, vol. 227, no.2, pp. 176–195.

УДК 519.2:534.83

ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРАЦИЯ ШУМОВ РАЗЛИЧНОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

[1,2]Воскобойников Ю.Е., [2]Крысов Д.А.

[1]ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Новосибирск, e-mail: voscob@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, e-mail: voscob@mail.ru, tamahouk@sibnet.ru

Большинство используемых алгоритмов вейвлет-фильтрации носят пороговый характер: коэффициент разложения, меньший по абсолютной величине некоторой пороговой величины, приравнивается к нулю. В противном случае коэффициент подвергается некоторому (чаще всего нелинейному) преобразованию, которое задается применяемой пороговой функцией. В настоящее время используются как однопараметрические, так и двухпараметрические пороговые функции. При этом ошибка вейвлет-фильтрации зависит как от вида пороговой функции и ее параметров, так и статистической природы фильтруемого шума. Однако в опубликованных исследованиях, связанных с выбором как пороговой функции, так и величины порогов, рассматривается только нормальное распределение погрешностей измерений. На практике же часто встречаются погрешности измерений, распределения которых отличается от нормального. Примерами может служить равномерное распределение, распределение Пуассона и другие. Поэтому возникает ряд вопросов, связанных как с выбором пороговых функций, так и ее параметров при других (отличных от нормального) распределениях погрешностей измерений. В данной работе выполнен ряд исследований, позволяющих дать ответы на эти вопросы, особенно связанные с оцениванием оптимальных пороговых величин (минимизирующих среднеквадратическую ошибку фильтрации) при трех распределениях погрешностей измерений. По результатам этих исследований даны практические рекомендации.

Ключевые слова: вейвлет-фильтрация, пороговые функции, распределение погрешностей измерений, выбор наилучшей пороговой функции, оценивание оптимальных пороговых величин

WAVELET-FILTRATION OF NOISE DIFFERENT STATISTICAL NATURE

[1,2]Voskoboynikov Yu.E., [2]Krysov D.A.

[1]The Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, e-mail: voscob@mail.ru;

[2]The Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: voscob@mail.ru, tamahouk@sibnet.ru

The majority of the used wavelet-filtration algorithms have threshold character: decomposition coefficients smaller on an absolute value of some threshold size are equated to zero. Otherwise the coefficient is exposed to some transformation (most often nonlinear). The applied threshold function is set the transformation. Currently both single-parametrical and two-parametrical threshold functions are used. At the same time, the error of wavelet-filtration depends as on a type of threshold function and its parameters, and the statistical nature of the filtered noise. However, in the published researches, closed with the choice of both threshold function, and size of thresholds, only measurement's normal distribution of errors is considered. In practice, errors of measurements, which distributions differs from normal, often meet. Uniform distribution, Poisson's distribution and others can be examples. Therefore there is a number of questions, closed as with the choice of threshold functions, as her parameters at others measurement's distributions of errors (other than normal). In this paper, a number of research have been carried out that make it possible to provide answers to these questions. Especially questions related to the estimation of optimal threshold values (minimizing the root-mean-square filtering error) for three distributions of measurement errors. Based on the results of these researches practical recommendations are given.

Keywords: wavelet filtration, threshold functions, distributions of measurement errors, choice of the best threshold function, estimation of optimum threshold sizes

Напомним, что качество вейвлет-фильтрации зашумленного сигнала в основном определяется алгоритмами обработки коэффициентов вейвлет-разложения. Большинство применяемых на практике алгоритмов носят *пороговый характер*: коэффициент разложения меньший по абсолютной величине некоторой пороговой величины зануляется, в противном случае коэффициент сохраняется или подвергается некоторому (в общем случае нелинейному) преобразованию [1–3]. Распространение на практике получили как *однопараметрические пороговые функции*, зависящие от одного «управляющего» параметра, называемого *порогом* (например, часто используемые «жесткая» и «мягкая» функции), так и двухпараметрические *пороговые функции*, в определенной степени свободные от недостатков, присущих однопараметрическим функциям [4].

Опубликованные исследования по выбору вида пороговой функции и величины порога выполнялись при предположении, что шум измерения имеет нормальное распределение. Это предположение является традиционным практически для всех пу-

бликаций (как отечественных, так и зарубежных), посвященных пороговым алгоритмам вейвлет-фильтрации. В работе [5] проведены комплексные исследования влияния четырех плотностей распределений (нормальное, равномерное, пуассоновское, импульсное) на ошибку фильтрации одномерных дискретных сигналов при различных уровнях погрешностей измерений. На основе анализа введенного в работе коэффициента эффективности были выбраны оптимальные (по минимуму среднеквадратической ошибки фильтрации) пороговые функции для каждого вида плотности распределения шума измерения. Однако эти результаты были получены на основе вычислительных экспериментов, когда задавался «точный» сигнал, т.е. не искаженный погрешностями измерений. Поэтому открытым остается вопрос: каким образом (или, иначе, каким алгоритмом) выбрать наилучшее значение пороговых величин этих оптимальных пороговых функций? Неудачный выбор величины порога может свести на нет преимущества той или иной пороговой функции. Ответ на этот важный для практики вопрос дается в настоящей работе.

Пороговые алгоритмы вейвлет-фильтрации сигналов

Напомним, что алгоритмы вейвлет-фильтрации основаны на *многомасштабном* (multiresolution) представлении функции $f(x)$ в базисе вейвлет-функции [1–3]:

$$\hat{f}(x) = \sum_k a_{j_0+J,k}\varphi_{J,k}(x) + \sum_j \sum_k d_{j,k}\psi_{j,k}(x).$$

Функции $\{\varphi_{j,k}(x)\}$ называют масштабирующими (или отцовскими), а функции – вейвлет-функциями (или материнскими). Коэффициенты разложения $a_{j,k}$ называют аппроксимирующими, $d_{j,k}$ – детализирующими, и они определяются выражениями

$$a_{j,k} = \int_R f(x)\varphi_{j,k}(x)dx,$$

$$d_{j,k} = \int_R f(x)\psi_{j,k}(x)dt,$$

где R – интервал определения функции $f(t)$. Переменная j характеризует уровень разложения, и ее часто называют коэффициентом масштаба, j_0 – начальный уровень разложения, J – максимальный уровень разложения, а переменная k – временной сдвиг той или иной базисной функции. Системы функций $\{\varphi_{j,k}(x)\}$, $\{\psi_{j,k}(x)\}$ составляют ортогональный базис пространств вейвлет-функций (подробнее см. [1–3]). Обозначим коэффициенты разложения зашумленного сигнала $\tilde{f}(x)$ как $\tilde{a}_{j,k}, \tilde{d}_{j,k}$. Заметим, что относительные погрешности аппроксимирующих коэффициентов на порядок и более меньше погрешностей коэффициентов $\tilde{d}_{j,k}$ (см. [4]). Поэтому на практике обработке подвергаются только детализирующие коэффициенты $\tilde{d}_{j,k}$ с использованием различных пороговых функций (например, [1, 4, 6]). Суть такой обработки заключается в том, что коэффициенты $\tilde{d}_{j,k}$ меньшие по модулю задаваемой пороговой величины принимаются равными нулю, в противном случае эти коэффициенты подвергаются преобразованию, чаще всего нелинейному (подробнее см. [7, 8]).

В работе [5] показано, что для рассматриваемых здесь трех распределений погрешностей измерений (нормальное, равномерное, пуассоновское) оптимальной функцией является двухпараметрическая пороговая функция $T_{HEB}\left(\tilde{d},\lambda_1,\lambda_2\right)$ вида

$$T_{HEB}\left(\tilde{d},\lambda_1,\lambda_2\right)=\begin{cases}0,\text{если} \quad \left|\tilde{d}\right|\le\lambda_1;\\ \dfrac{\tilde{d}}{e-1}\cdot\left(e^{\frac{\left|\tilde{d}\right|-\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1}}-1\right),\ \text{если}\ \ \lambda_1<\left|\tilde{d}\right|\le\lambda_2,\\ \tilde{d},\ \text{если}\ \left|\tilde{d}\right|>\lambda_2,\end{cases} \tag{1}$$

зависящая от двух пороговых величин $\lambda_1\lambda_2$ (имеющая средний коэффициент оптимальности $\overline{k}_{HEB}=1$). Крайне мало этой функции проигрывает (средний коэффициент оптимальности $\overline{k}_{HYP}=0{,}990$) однопараметрическая пороговая функция $T_{HYP}\left(\tilde{d},\lambda\right)$ вида

$$T_{HYP}\left(\tilde{d},\lambda\right)=\begin{cases}sign(\tilde{d})\cdot\sqrt{\tilde{d}^2-\lambda^2},\text{если}\ \left|\tilde{d}\right|\ge\lambda,\\ 0,\text{если}\ \left|\tilde{d}\right|<\lambda.\end{cases} \tag{2}$$

Учитывая несущественный проигрыш по коэффициенту оптимальности и тот факт, что оценивание одного оптимального порога существенно проще, чем двух (подробнее см. [4]), в дальнейшем будем рассматривать только функцию (2). На рис. 1 показаны графики функции (1) (сплошная кривая) и функции (2) (точечная кривая), которые хорошо иллюстрируют пороговый характер обработки коэффициентов разложения ($\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 = 2$). Очевидно, что пороговые величины существенно влияют на точность вейвлет-фильтрации и поэтому перейдем к задаче оценивания оптимального порога λ_{opt} для функции (2).

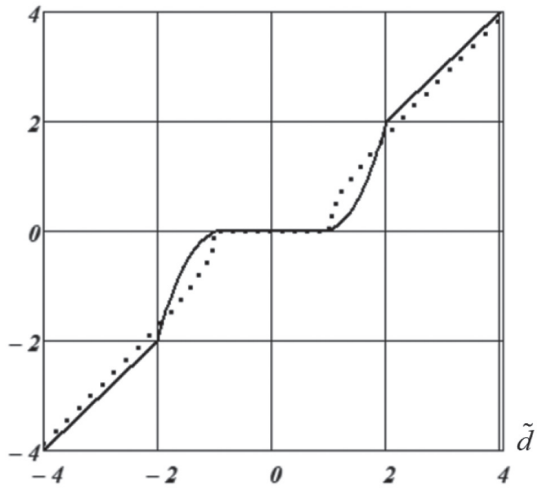


Рис. 1. Графики пороговых функций

Оптимальным порогом будем называть величину λ_{opt}, минимизирующую ошибку фильтрации, определяемую выражением

$$\Delta(\lambda) = \left\| \hat{f}_\lambda - f \right\|^2, \qquad (3)$$

где $\hat{f}_\lambda$ – вектор, составленный из значений отфильтрованного сигнала, f – вектор, составленный из значений точного (не зашумленного сигнала) сигнала, $\| \ \|$ – евклидова норма вектора. Вычислить λ_{opt} из условия минимума (3) невозможно из-за незнания значений «точного» сигнала (вектор f). Поэтому на практике используют различные алгоритмы выбора λ, позволяющие лучше или хуже оценить λ_{opt}. Подробный обзор и сравнения наиболее распространённых на практике алгоритмов выбора для нормального распределения погрешностей измерений приведен в публикациях [4]. Было показано, что наиболее точно оценивает λ_{opt} алгоритм, построенный на основе критерия оптимальности. Попробуем использовать этот алгоритм выбора и в случае распределений, отличных от нормального. Кратко изложим сущность этого алгоритма (подробнее см. [4, 9]).

Для обеспечения асимптотической оптимальности пороговой величины введем на каждом j-м уровне разложения «уровнезависимую» пороговую величину λ_j в виде

$$\lambda_j = \beta \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \ln(N_j)}, \qquad (4)$$

где N_j – количество обрабатываемых коэффициентов на соответствующем уровне разложения, σ^2 – дисперсия погрешностей измерений. На рис. 2 показаны типичные зависимости относительной ошибки фильтрации $\dfrac{\left\| \hat{f}_\beta - f \right\|}{\| f \|}$ от параметра β для трех распределений (нормальное – сплошная кривая, равномерное – точечная, пуассоновское – штриховая кривая). Видно наличие оптимального значения β_{opt}, которое минимизирует ошибку фильтрации. При этом для каждого распределения погрешностей имеется «свое» значение β_{opt}.

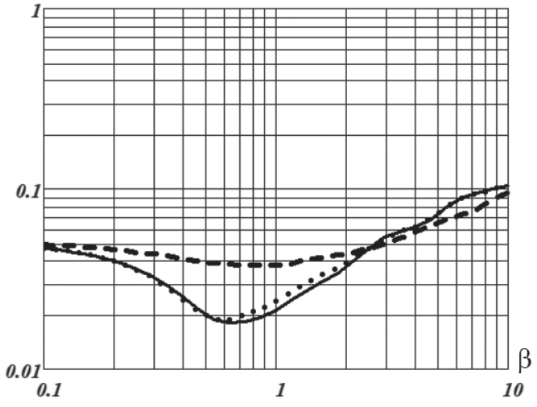


Рис. 2. Зависимость относительной ошибки фильтрации от параметра β

Точное значение β_{opt} невозможно определить из-за незнания «точного» сигнала, и поэтому рассмотрим алгоритм оценивания оптимального коэффициента β_{opt} из условия минимума (3). Определим статистику

$$\rho_W(\beta) = \frac{1}{\sigma^2} \cdot \sum_{i=1}^{N} \tilde{f}_i \cdot e_i(\beta),$$

где $e(\beta) = \tilde{f} - \hat{f}_\beta$ – вектор невязки, $\hat{f}_\beta$ – результат вейвлет-фильтрации с параметром β. В качестве оценки для β_{opt} принимается величина β_W для которой выполняется условие

$$\vartheta_{\gamma/2,N} \le \rho_W(\beta_W) \le \vartheta_{1-\gamma/2,N},$$

где $\vartheta_{\gamma/2,N}, \vartheta_{1-\gamma/2,N}$ – квантили χ^2 – распределения с числом степеней свободы

N уровней $\gamma/2, 1-\gamma/2$ соответственно, N – число значений фильтруемой функции, $\gamma = 0{,}05$ – вероятность ошибки первого рода при проверке статистической гипотезы об оптимальности параметра β (подробнее см. [4, 9]). Подставляя оценку β_W в (4), получаем оценку $\lambda_j^W = \beta_W \cdot \sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \ln(N_j)}$ для оптимальной пороговой величины на j-м уровне разложения. Напомним, что ранее исследования такого алгоритма оценивания оптимальных порогов были выполнены только для погрешностей, распределенных по нормальному закону [4, 9].

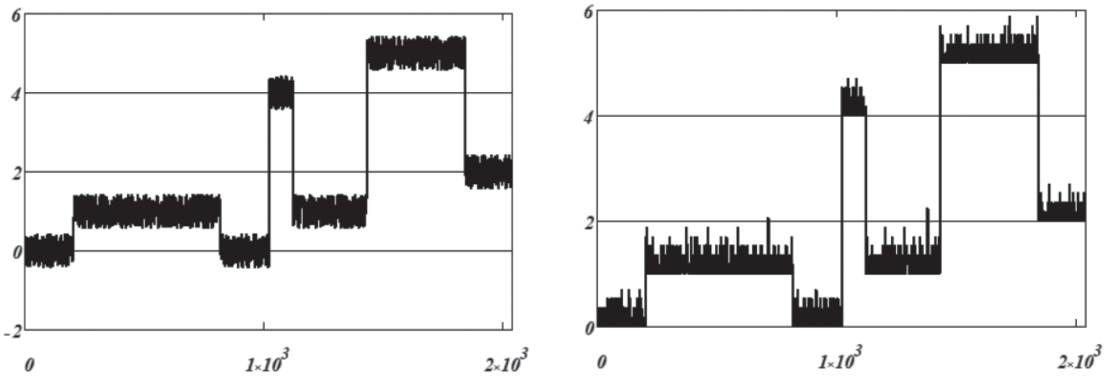
Ответим на вопрос о точности оценивания этим алгоритмом оптимальных порогов в случае погрешностей, не подчиняющихся нормальному распределению на основе анализа результатов проведенных вычислительных экспериментов.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве тестового сигнала в вычислительных экспериментах был принят «контрастный» сигнал с резким изменением амплитуд (искаженные значения показаны на рис. 3). Спектр сигнала является широкополосным, что существенно усложняет его фильтрацию из-за совпадений высокочастотных составляющих сигнала и погрешностей измерений. Точные значения (количество отсчетов $N = 2048$) этого сигнала искажались шумами измерений, имеющими следующие плотности распределений: нормальное распределение; равномерное распределение; пуассоновское распределение. Дисперсии этих распределений определялись таким образом, чтобы обеспечить задаваемый относительный уровень шума, определяемый соотношением $\delta_\eta = \dfrac{\|\tilde{f} - f\|}{\|f\|}$ (в экспериментах он был равен 0,05; 0,10; 0,15). На рис. 3, а, показаны значения сигнала, искаженные равномерным шумом, а на рис. 3, б – искажение пуассоновским шумом (относительный уровень шума $\delta_\eta = 0{,}10$).

Далее, в качестве характеристики точности оценивания оптимальной величины β_{opt} введем коэффициент эффективности E_W, определяемый соотношением [4]: $E_W = \dfrac{\|\hat{f}_{\beta_{opt}} - f\|}{\|\hat{f}_{\beta_W} - f\|}$. Очевидно, что $0 < E_W \le 1$ и чем больше E_W отклоняется от 1 к нулю, тем больше проигрыш по точности алгоритма вейвлет-фильтрации с параметром β_W. Величина E_W является случайной величиной – меняется в зависимости от вектора погрешностей η, который искажает точные значения сигнала. Поэтому в качестве неслучайной характеристики берем выборочное среднее значение $\overline{E}_W$, которое будет вычисляться по выборке $\left\{\hat{f}_{\beta_W}^{(l)}\right\}$ объемом 50, где $\hat{f}_{\beta_W}^{(l)}$ – результат фильтрации l-й реализации зашумленного сигнала.

В таблице приведены средние значения относительной ошибки фильтрации $\delta_f = \dfrac{\|\hat{f}_{\beta_W} - f\|}{\|f\|}$ (объем выборки также равен 50) и средние значения коэффициента эффективности $\overline{E_W}$ для трех уровней погрешностей, имеющих разные распределения.



а) *б)*

Рис. 3. Зашумленные значения тестового сигнала

Средние значения ошибки фильтрации и коэффициента эффективности

δ_η	Нормальное распределение		Равномерное распределение		Распределение Пуассона	
	$\overline{\delta}_f$	$\overline{E_W}$	$\overline{\delta}_f$	$\overline{E_W}$	$\overline{\delta}_f$	$\overline{E_W}$
0,05	0,020	0,982	0,019	0,984	0,038	0,996
0,10	0,038	0,968	0,037	0,976	0,076	0,993
0,15	0,055	0,961	0,053	0,968	0,114	0,990

Выводы

Анализ результатов, приведенных в таблице, позволяет сделать следующие выводы:

1. Алгоритм выбора пороговой величины, основанный на критерии оптимальности, позволяет с приемлемой точностью оценить β_{opt} не только в случае погрешностей, имеющих нормальное распределение, но и в случае фильтрации погрешностей, имеющих равномерное и пуассоновское распределение (высокое значение $\overline{E_W} \approx 1$ для всех распределений).

2. Самая большая ошибка фильтрации наблюдается для пуассоновского распределения погрешностей (как следствие ненулевого математического ожидания погрешностей). Высокие значения коэффициента эффективности $\overline{E_W}$ объясняются пологим характером кривой относительной ошибки фильтрации в области ее минимума (см. рис. 2). Поэтому для такого распределения погрешностей применение вейвлет-фильтрации оказывается неэффективным, даже при оптимальных значениях пороговых величин.

3. Изложенный подход к выбору пороговой величины достаточно просто реализуется на практике, где в случае неизвестной величины дисперсии σ^2 используется ее оценка, приведенная в [4, с. 66].

Список литературы

1. Mallat S.A. Wavelet tour of signal processing: the sparse way / S. Mallat. – N.Y.: Academic Press, 2008. – 621 p.

2. Kovacevic J. Fourier and wavelet signal processing / J. Kovacevic, V.K. Goyal, M. Vetterli. – Lausanne: EPFL, 2013. – 268 p.

3. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. Изд. 2-е, перераб. и доп. / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОМОН-Р, 2010. – 400 с.

4. Воскобойников Ю.Е. Алгоритмы вейвлет-фильтрации с примерами в пакете MathCAD / Ю.Е. Воскобойников. – Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2016. – 196 с.

5. Воскобойников Ю.Е. Исследование потенциальной точности пороговых алгоритмов вейвлет-фильтрации шумов различной статистической природы / Ю.Е. Воскобойников, Д.А. Крысов // Автоматика и программная инженерия. – 2016. – № 4 (18). – С. 65–76.

6. Ясин А.С. Цифровая вейвлет-фильтрация зашумленных данных: влияние порогового уровня и выбора вейвлета / А.С. Ясин, А.Н. Павлов, А.Е. Храмов // Радиотехника и электроника. – 2016. – Т. 61, № 1. – С. 1–7.

7. Hedaoo P. Wavelet thresholding approach for image denoising / P. Hedaoo, S.S. Godbole // International journal of network security & its applications. – 2011. – vol. 3. – № 4. – P. 16–22.

8. Gupta T. Contemplation of thresholding in wavelet denoising / T. Gupta, P.K. Bhatia // Journal of basic and applied engineering research. – 2014. – vol. 1. – № 8. – P. 83–89.

9. Voskoboinikov Yu.E. Estimating optimum threshold sizes in a wavelet-filtration algorithms / Yu.E. Voskoboinikov, A.V. Gochakov // Optoelectronics, instrumentation and data processing. – 2011. – vol. 47. – № 2. – P. 3–14.

УДК 624.15:536.2

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С ТЕРМОХИМИЧЕСКИМ УШИРЕНИЕМ В ОСНОВАНИИ

[1]Глушков А.В., [1]Хинканин Л.А., [2]Соколов Н.С., [3]Глушков И.В., [1]Сергеев С.А.

[1]Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, e-mail: 256289@list.ru;
[2]Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, Чебоксары, e-mail: ns_sokolov@mail.ru;
[3]Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, e-mail: givperm@mail.ru

В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния уширения в забое буронабивной сваи на ее несущую способность. Для выявления влияния термохимического уширения (ТХУ) на несущую способность буронабивных свай проведены исследования моделей свай на экспериментальной площадке. В качестве моделей свай использованы модели бетонных буронабивных свай длиной 700 мм, диаметром 130 мм. Проведено комплексное сравнение результатов модельных экспериментальных исследований и расчетов методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния свай с термохимическим уширением в забое. В сравнении рассмотрено влияние появления уширения на отдельные компоненты деформированного и напряженного состояния. Для анализа зоны деформирования основания представлено развитие зон пластических деформаций по основным стадиям приложения нагрузок. Проведено моделирование термодинамических процессов, проходящих в забое скважины при устройстве термохимического уширения буронабивной сваи. Градиент температур определяется в ходе численного эксперимента методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS. В результате расчетов установлено: сваи с ТХ-уширением – отмечается увеличение зоны деформирования основания вокруг сваи за счет созданной эллиптической формы уширения. Экспериментальные исследования указывают на значительное увеличение несущей способности буронабивных свай при использовании с термохимического уширения. Проработанная комбинация аналитической и численной методики расчета оптимальной формы и массы заряда позволяет подобрать необходимое количество инициирующей смеси. Статья предназначена для специалистов в области промышленного и гражданского строительства и инженеров-геотехников.

Ключевые слова: буронабивные сваи, уширение, термохимическое уширение, метод конечных элементов, механика грунтов, геотехника, напряженно-деформированное состояние

INVESTIGATION OF THE WORK IN BASIS OF BORED PILES WITH THERMOCHEMICAL BROADENING

[1]Glushkov A.V., [1]Khinkanin L.A., [2]Sokolov N.S., [3]Glushkov I.V., [1]Sergeev S.A.

[1]Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: 256289@list.ru;
[2]Chuvash State University, Cheboksary, e-mail: ns_sokolov@mail.ru;
[3]Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: givperm@mail.ru

The article presents the experimental investigations results of the broadening effect in the bored pile bottom on its bearing capacity. To determine the effect of thermochemical broadening (TCB) on the bearing capacity of bored piles, investigations were carried out on models of piles on the experimental site. As models of piles, models of concrete bored piles with a length of 700 mm and a diameter of 130 mm were used. A complex comparison of the model experimental studies results and calculations by the finite element method of the stress-strain state of piles with thermochemical broadening in the face is carried out. In comparison, the influence of the appearance of broadening on individual components of the deformed and stressed state is considered. For the deformation zone analysis of the basis, the development of plastic points distribution along the main stages of loads application is presented. Modeling of the thermodynamic processes passing at the bottom of the well during thermochemical broadening of the bored pile are strongly considered. The temperature gradient is determined in the course of a numerical experiment by the finite element method in the ANSYS software complex. As a result of calculations, it has been established that piles with TC-broadening show an increase in the zone of deformation of the basis around the pile due to the created elliptical form of broadening. Experimental studies indicate a significant increase in the bearing capacity of bored piles with use of thermochemical broadening. A well-developed combination of analytical and numerical methods for calculating the optimal shape and mass of the charge allows you to select the required amount of the initiating mixture. The article is intended for specialists in the field of industrial and civil engineering and geotechnics.

Keywords: bored piles, broadening, thermochemical broadening, finite element method, soil mechanics, geotechnics, stress-strain state

Буронабивные сваи являются одной из наиболее часто применяемых конструкций для передачи нагрузки на основание. Использование буронабивных свай начинается со сравнительно малых диаметров и длин при коттеджном, малоэтажном строительстве, возведении малых архитектурных форм и достигает значительных размеров (десятков метров в длину, до нескольких метров в диаметре) при строительстве зданий повышенного класса ответственности, мостов и уникальных сооружений [1, 2]. Практика строительства показывает, что буронабивные сваи могут эффективно при-

меняться при реконструкции зданий и сооружений в сфере усиления конструкций фундаментов, подземных частей здания и конструкций, взаимодействующих с основанием [3, 4].

Таким образом особенное значение приобретают научные исследования, направленные на развитие теории взаимодействия буронабивных свай с основанием и технологии увеличения их несущей способности [5].

Широкое применение технологии изготовления буронабивных свай вскрыло класс проблем, с которыми сталкиваются при их выполнении: образование шлама в забое скважины; малая несущая способность (сравнительно с другими технологиями); высокая деформативность неуплотненной зоны основания (затруднен процесс их включения в работу при усилении фундаментов) [5–7].

Экспериментальные исследования

Целью настоящего исследования является изучение работы буронабивной сваи с термохимическим уширением в основании.

Для выявления влияния термохимического уширения (ТХУ) на несущую способность буронабивных свай проведены исследования моделей свай на экспериментальной площадке. В качестве моделей свай использовались монолитные бетонные буронабивные сваи длиной L = 700 мм, диаметром d = 130 мм. В качестве термохимической смеси используется термитная смесь, обеспечивающая на выходе высокую температуру горения в бескислородной среде. Дистанционная инициация термохимической смеси производилась по принципу «электрических спичек» [8]. Технология создания моделей буронабивных свай и устройства в них при помощи термохимической смеси уширения показана на рис. 1.

В инженерно-геологическом отношении экспериментальная площадка равномерно с поверхности до глубины до 2,8 м сложена суглинком мягкопластичным, который является качественным однородным основанием в пределах исследуемой зоны деформирования буронабивной сваи и термохимического уширения [9].

После полного набора прочности бетона проведены испытания моделей буронабивных свай статической вдавливающей нагрузкой по ГОСТ 5686-2012 Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Вертикальная статическая нагрузка сообщалась ступенями по 0,1–0,2 кН (100–200 кг) посредством гидравлического домкрата ДГ-5, регистрация перемещений свай производилась по двум прогибомерам Максимова ПМ-3.

При обработке результатов экспериментальных исследований использовалось классическое решение аппроксимации степенными функциями методом наименьших квадратов (рис. 2).

Таким образом, в результате проведенной серии испытаний можно отметить, что при осадках более S = 30 мм несущая способность свай с ТХУ превышает несущую способность свай без уширения в N_2/N_1 = 1,2 раза.

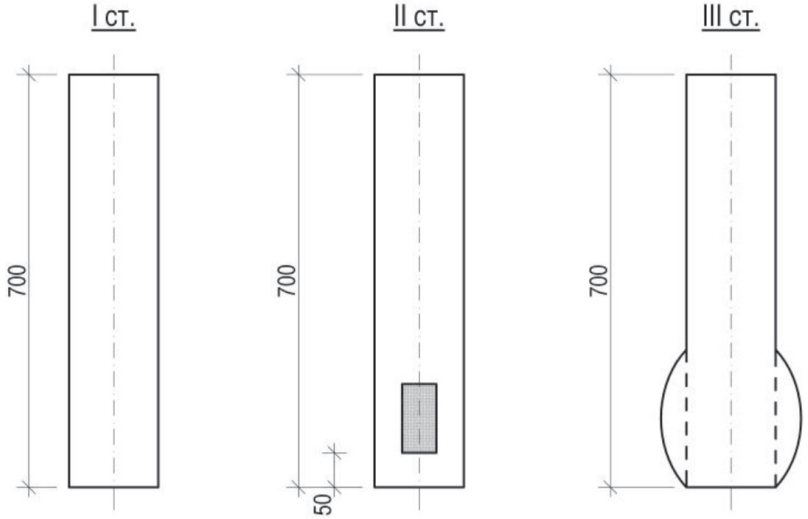


Рис. 1. Технология создания буронабивной сваи термохимического уширения в буронабивной свае по стадиям: 1 ст. – устройство скважины в основании; 2 ст. – фиксирование термохимической смеси в забое скважины с последующей укладкой бетонной смеси; 3 ст. – дистанционная инициация термохимической смеси и получение уширения в свае с созданием уплотненной зоны в основании

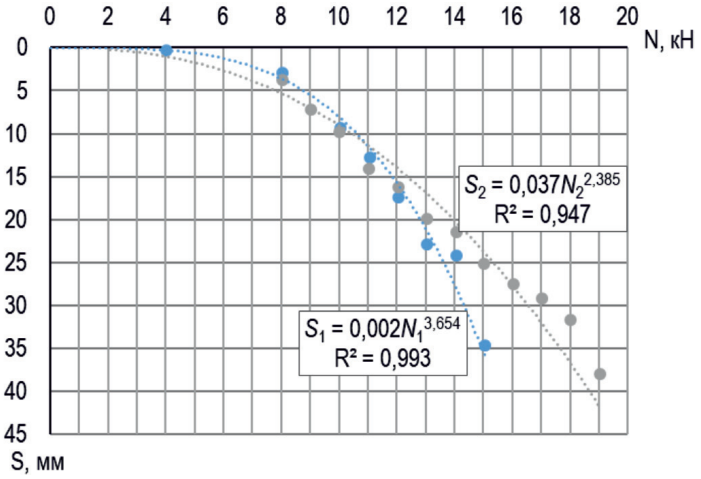


Рис. 2. График зависимости осадки от нагрузки буронабивной сваи при экспериментальных исследованиях в связном основании: $S_1 = f(N_1)$ – свая без термохимического уширения; $S_2 = f(N_2)$ – свая с ТХУ

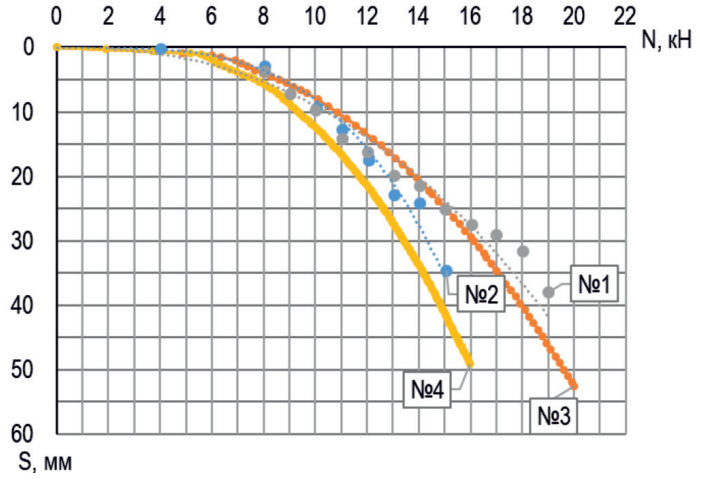


Рис. 3. График зависимости осадки от нагрузки S = f(N) буронабивной сваи в связном основании: 1, 2 – испытания модели сваи в связном грунте соответственно без ТХУ и с ТХУ; 3, 4 – моделирование методом КЭ буронабивной сваи соответственно без ТХУ и с ТХУ

Численное моделирование напряженно-деформированного состояния

На начальном этапе проверки гипотезы о влиянии инициации термохимической смеси в забое буронабивной сваи было проведено численное физическое моделирование с использованием геотехнического комплекса Plaxis 2D. Дальнейшие экспериментальные исследования подтвердили принятые геометрические параметры и физические модели, принятые в расчетах [10].

В качестве расчетной модели использовалась осесимметричная модель буронабивной сваи, расчетная область принята размерами $5d \times 2{,}5L$, где d – диаметр буронабивной сваи поверху, L – длина сваи. Разбивка расчетной области на конечные представлена на рис. 4.

Рассмотрим основные результаты расчетов напряженно-деформированного состояния буронабивных свай с термохимическим уширением (ТХУ) в связном грунте. Исследованиями установлено, что несущая способность свай с ТХУ более чем в 1,2 раза выше практически во всем диапазоне осадок (рис. 3). Расчетные графики зависимости осадки от нагрузки S = f(N) для свай с уширениями имеют высокую корреляцию с аппроксимациями экспериментальных данных, что подтверждает корректность и обусловленность выбранной геометрической и физической расчетной модели [11, 12].

Наличие уширения, полученного с использованием термохимической смеси, положительно влияет на работу буронабивной сваи в основании [13].

На рис. 5 приведены изолинии вертикальных напряжений σ_y в связном основании для буронабивной сваи с использованием термохимического уширения и тестовой сваи без ТХУ. Наибольшее увеличение диаметра сваи в забое производилось на 10–15 %, что обеспечивает снижение максимальных вертикальных напряжений σ_y до 15 %, обеспечивая включение в работу большего объема грунта в основании в сторону от центра сваи и выше плоскости острия.

На рис. 6, а, представлены вертикальные перемещения U_y в основании сваи без ТХУ (слева) и с термохимическим уширением (справа). Для сваи с ТХ-уширением (справа) отмечается увеличение зоны деформирования основания вокруг сваи в 1,10–1,15 раза за счет созданной эллиптической формы уширения, перераспределяющей нагрузку на сваю. В текущем примере при равных осадках $S_2 = S_1$ нагрузки на сваю отличаются в $N_2/N_1 = 1{,}25$ раза.

На рис. 6, а, представлены вертикальные перемещения U_y в основании сваи без ТХУ (слева) и с термохимическим уширением (справа). Для сваи с ТХ-уширением (справа) отмечается увеличение зоны деформирования основания вокруг сваи в 1,10–1,15 раза за счет созданной эллиптической формы уширения, перераспределяющей нагрузку на сваю. В текущем примере при равных осадках $S_2 = S_1$ нагрузки на сваю отличаются в $N_2/N_1 = 1{,}25$ раза.

Для приведенных приложенных нагрузок на рис. 6, б, приведены горизонтальные перемещения U_x для буронабивной сваи и ее аналога с применением термохимической смеси. Горизонтальная компонента перемещений грунта в основании в результате приложения нагрузок становится более выраженной за счет изменения направления передачи усилий от преимущественно вертикального. Поэтому максимальные горизонтальные перемещения $U_x$max, локализованные преимущественно в области забоя скважины, для сваи с уширением на 30–40 % больше, чем для сваи без уширения.

Для анализа зоны деформирования основания на рис. 7 представлено развитие зон пластических деформаций по основным стадиям приложения нагрузок. Для обеих конструкций свай отмечается относительно равный объем грунта, перешедший на соответствующих стадиях в пластическую стадию. Различия заключаются в появлении зон пластических деформаций в области вокруг и в сторону от уширения, что означает, что окружающая его часть основания активно начинает включаться в работу и имеет положительное влияние на конечную несущую способность сваи.

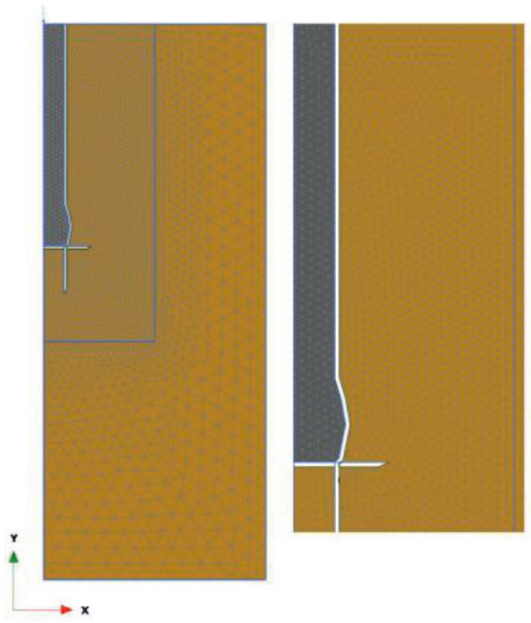


Рис. 4. Разбивка расчетной области на треугольные конечные элементы

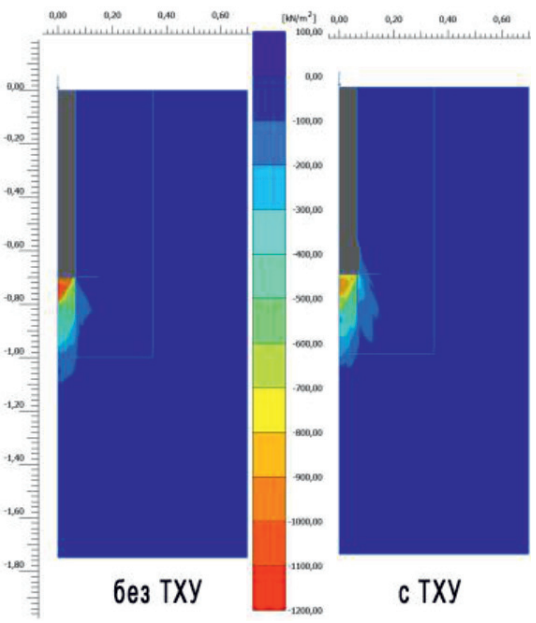
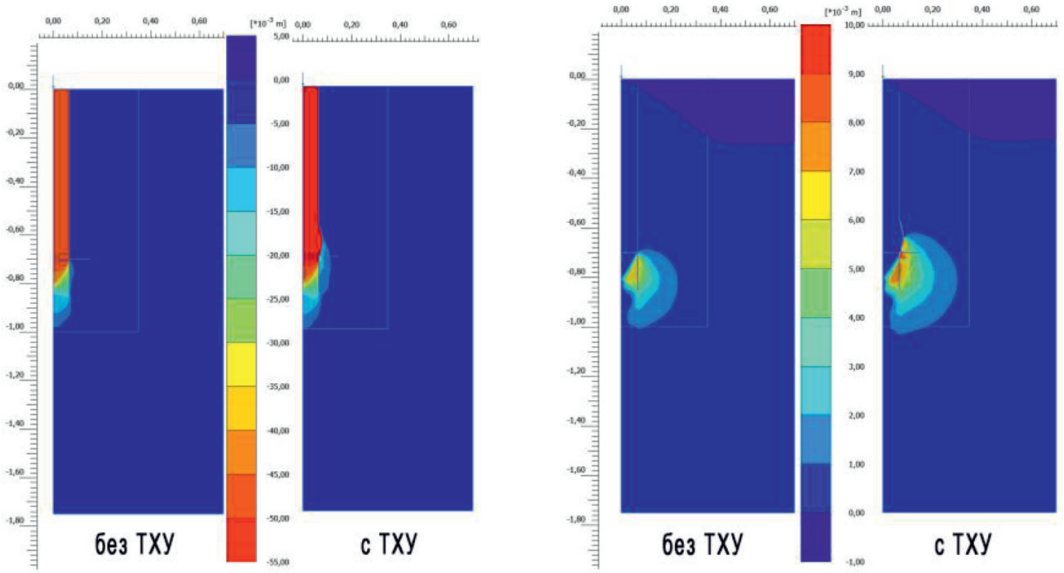


Рис. 5. Вертикальные напряжения σ_y в основании буронабивной сваи



а) *б)*

Рис. 6. Вертикальные U_y (а) и горизонтальные U_z (б) перемещения в основании буронабивной сваи

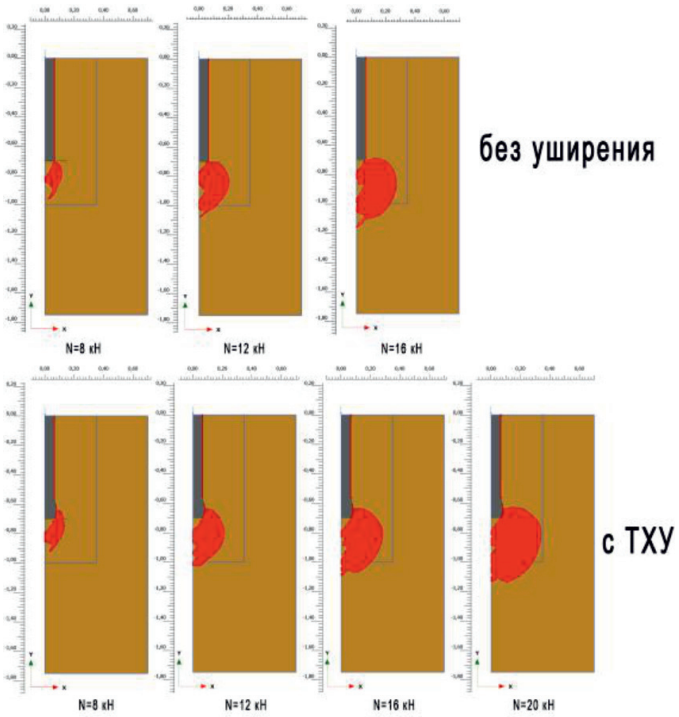


Рис. 7. Развитие зон пластических деформаций в основании с ростом нагрузки N для буронабивной сваи без уширения и с уширением (ТХУ)

Численное моделирование термодинамических процессов

Термохимическое уширение обусловлено фазовым переходом свободной влаги (несвязанной физико-химической реакцией затворения смеси) из жидкого состояния в парообразное. Для описания этого фазового перехода необходимо рассмотреть свободную энтальпию пароводяной смеси в малом масштабе времени [14].

Рассмотрим тепловой баланс системы «свая с ТХУ – грунт». Примем, в первом приближении, тепловой поток на границах системы (на удалении 2,0 м от оси симметрии сваи) равным 0 Вт. Таким образом, вся тепловая энергия заряда поглощается бетонной смесью, энтальпией перехода воды в пар и окружающим грунтом

$$Q_{\text{заряд}} = E_{\text{вода}} + E_{\text{пар}} + Q_{\text{бетон}} + Q_{\text{грунт}}. \quad (1)$$

Описанные выше грунтовые условия позволяют с достаточной точностью составить систему уравнений теплового баланса системы.

$$Q_{\text{грунт}} = c_{\text{грунт}}(\text{t},\varphi)\cdot m_{\text{грунт}}\cdot\Delta t_{\text{бетон-грунт}}, \quad (2)$$

$$Q_{\text{бетон}} = c_{\text{бетон}}\cdot m_{\text{бетон}}\cdot\Delta t_{\text{заряд-грунт}}, \quad (3)$$

$$E_{\text{вода}} = f(p_{\text{вода}}, \Delta t_{\text{заряд-грунт}}), \quad (4)$$

$$E_{\text{пар}} = f(p_{\text{пар}}, \Delta t_{\text{заряд-вода}}). \quad (5)$$

Градиент температур определяется в ходе численного эксперимента методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS. Применяемая модель нестационарного тепломассопереноса, позволяет оценить как длительность процесса нагрева бетонной смеси, так и процесс перехода несвязной воды из жидкого в газообразное состояние. Не учтенные, в первом приближении, процессы конвективного теплообмена в неньютоновской жидкости (бетонной смеси) оцениваются как несущественные. Прорывы газообразных продуктов сгорания по телу сваи от заряда к устью скважины мало сказываются на процессе теплопереноса ввиду низкой теплоемкости газа.

Как видно из рис. 8, процесс прогрева тела бетона до точки кипения воды проходит между первой и второй минутой. Зона прогрева меж стенкой «грунт/свая» и зарядом прогревается выше 100 °С (минимальная температура в зоне прогрева) за 126 секунд. Вместе с тем стоит отметить, что при сопоставимой энергоемкости процесса горения эффективнее использовать смеси с меньшей температурой горения, но большим временем химической реакции, что обеспечит длительный равномерный прогрев, повышая удельную энтальпию бетонной смеси.

Требуются дополнительные изыскания для определения теплофизических свойств бетонной смеси в пограничном состоянии (при переходе из жидкого в отвержденное состояние) [15].

Применение зарядов с соотношением «диаметр/высота» более 1:10 не может признаться эффективным, из-за увеличения влияния конвективных процессов тепломассобмена в теле сваи.

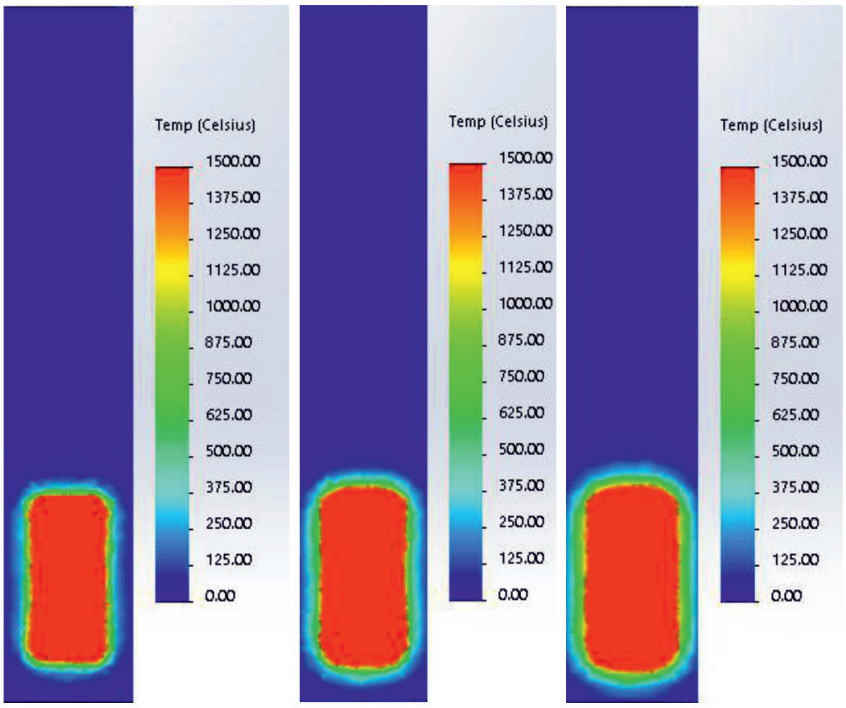


Рис. 8. Процесс прогрева тела сваи с ТХУ в сечении плоскости симметрии. Слева направо: термограмма на 10 секундах, термограмма на 50 секундах, термограмма на 100 секундах прогрева

Выводы

1. По результатам экспериментальных исследований в связном грунте установлено, что при осадках более $S = 30$ мм несущая способность моделей буронабивных свай с ТХУ превышает несущую способность свай без уширения в $N_2/N_1 = 1{,}2$ раза.

2. Численное моделирование работы буронабивных свай с уширением, полученным в результате инициации термохимической смеси, возможно проводить с использованием геотехнических комплексов КЭ-анализа и получать адекватную картину распределения компонент напряженно-деформированного состояния (рис. 4–7). В результате расчетов установлено: сваи с ТХ-уширением – отмечается увеличение зоны деформирования основания вокруг сваи в 1,10–1,15 раза за счет созданной эллиптической формы уширения, перераспределяющей нагрузку от сваи на основание.

3. Процесс прогрева тела бетона в свае с ТХУ до точки кипения воды проходит между первой и второй минутой. Зона прогрева меж стенкой «грунт/свая» и зарядом прогревается выше 100 °С (минимальная температура в зоне прогрева) за 126 секунд. Таким образом, выгоднее применять смеси низкотемпературного горения, но с большей длительностью химической реакции.

4. Численное моделирование показало, что удлинение заряда в пропорциях больше 1:10 (диаметр заряда к его высоте) не несет значимого положительного эффекта. Наоборот, в таком случае неизбежно увеличение доли конвективного теплообмена в системе, что снизит эффективность свай с ТХУ.

Полученные выводы подтверждают высокий потенциал использования конструкций свай с ТХУ в промышленном и гражданском строительстве, а также при реконструкции зданий и сооружений при должной проработке технологии производства работ.

Список литературы

1. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.

2. Крутов В.И. Основания и фундаменты на насыпных грунтах. – М.: Стройиздат, 1988. – 223 с.

3. Пронозин Я.А. Результаты лабораторных и полевых исследований изготовления буроинъекционной сваи с контролируемым уширением / Я.А. Пронозин, М.А. Самохвалов, Д.В. Рачков // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 3. – С. 56–60.

4. Федоров В.С. Конструктивные решения свайных фундаментов с концевыми и поверхностными уширениями для структурно-неустойчивых оснований / В.С. Федоров, Н.В. Купчикова // Вестник гражданских инженеров. – 2011. – № 1. – С. 88–90.

5. Полищук А.И. Определение усилия вдавливания инъектора инъекционной сваи в глинистых грунтах / А.И. Полищук, А.А. Петухов, А.А. Тарасов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 2(39). – С. 346–353.

6. Глухов В.С. Исследование влияния уширения свай в пробитых скважинах на осадку / В.С. Глухов, О.В. Хрянина, М.В. Глухова // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2011. – № 5–2(38). – С. 351–354.

7. Мельников Р.В. Исследование влияния уширения свай в пробитых скважинах на осадку / Р.В. Мельников, О.С. Порошин, М.А. Самохвалов // Научное обозрение. – 2015. – № 17. – С. 73–77.

8. Суворов А.В. Карамельная ракета / А.В. Суворов // Популярная механика. – 2016. – № 9. – С. 86–89.

9. Ponomaryov A.B., Sazonova S.A. The use of express method for determining the modulus of deformation of fill soil. Challenges and Innovations in Geotechnics – Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 8AYGEC 2016 8th, 2016, pp. 283–286.

10. Шашкин А.Г. Критический анализ наиболее распространенных нелинейных моделей работы грунта / А.Г. Шашкин // Инженерная геология. – 2010. – № 3. – С. 29–37.

11. Дидух Б.И. Упругопластическое деформирование грунтов: монография. – М.: Изд-во УДН, 1987. – 166 с.

12. Зарецкий Ю.К. Вязкопластичность грунтов и расчеты сооружений. – М.: Стройиздат, 1988. – 352 с.

13. Wei H.W. Design parameter optimization of beam foundation on soft soil layer with nonlinear finite element / H.W. Wei, Y.Z. Wu, Z.H. Yu // Journal of Central South University. 2012. Vol. 19. № 6. pp. 1753–1763.

14. Пат. 110489 Российская Федерация. МПК G 01 N 25 18,G 01 N 33 24. Устройство для определения теплофизических качеств грунта, прилегающего к зданиям и сооружениям, по температуропроводности в натурных условиях / Муреев П.Н., Куприянов В.Н., Котлов В.Г. и др.; заявитель и патентообладатель Марийский ГТУ. – № 2011107056/28. 2011 г.

15. Хинканин Л.А. Влияние теплопроводных включений на температурные поля в пористых телах / Л.А. Хинканин, А.П. Хинканин // Научному прогрессу – творчество молодых: мат. межд. науч. конф. – Йошкар-Ола: Изд-во ПГТУ, 2013. – С. 177–179.

УДК 544.23:54.057

ПОЛУЧЕНИЕ ЗОЛЯ НАНОЧАСТИЦ SIO_2 ИЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Горев Д.С., Потапов В.В.

ФГБУН «Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН», Петропавловск-Камчатский, e-mail: denis.goreff2015@yandex.ru

В экспериментах получены золи гидротермального нанокремнезема. Для получения золей проводили поликонденсацию ортокремниевой кислоты и микрофильтрационного мембранного концентрирования. Изучены параметры процесса микрофильтрационного мембранного концентрирования. Проницаемость мембран уменьшалась с течением времени по зависимости близкой к линейной, при этом селективность по кремнезему и солям увеличивалась, что можно объяснить формированием гелевого слоя на мембранном слое. Селективность микрофильтрационной мембраны по частицам кремнезема увеличивалась равномерно со временем фильтрования в пределах 0,86-0,98. Селективность мембраны по растворенным солям увеличивалась так же равномерно во времени в более широких пределах: 0,33–0,7. Плотность, общее солесодержание концентрата и фильтрата увеличивались во времени по зависимости более сильной, чем линейная. Благодаря тому, что селективность по частицам SiO_2 была близка к 1,0 – 0,86–0,98, а селективность по солям была в пределах 0,33–0,7, с помощью микрофильтрационного мембранного концентрирования удалось получить образцы стабильных золей с высоким значением параметра $m_s = SiO_2/TDS$. Установлен химический состав гелевого слоя, который образовывался на трубках микрофильтрационных мембран в ходе концентрирования. Определен диапазон размеров частиц SiO_2 в полученных золях.

Ключевые слова: гидротермальный раствор, золи нанокремнезема, ионы солей, селективность, проницаемость

OBTAINING A SOL OF SIO_2 NANOPARTICLES FROM HYDROTHERMAL SOLUTIONS

Gorev D.S., Potapov V.V.

Research Geotechnological Center FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: denis.goreff2015@yandex.ru

In experiments sols obtained hydrothermal nanogrammes. To obtain sols, polycondensation of ortho-silicon acid and microfiltration membrane concentration was performed. Parameters of microfiltration membrane concentration process are studied. The permeability of membranes decreased over time according to close to linear dependence, while the selectivity of silica and salts increased, which can be explained by the formation of a gel layer on the membrane layer. The selectivity of the microfiltration membrane by silica particles increased uniformly with the time of filtration in the range of 0.86–0.98. The selectivity of the membrane for dissolved salts also increased uniformly over time in a wider range: 0.33–0.7. Density, total salt content of concentrate and filtrate increased in time by dependence stronger than linear. Due to the fact that the selectivity of SiO_2 particles was close to 1,0–0,86–0,98, and salt selectivity was in the range of 0.33–0.7, with the help of microfiltration membrane concentration it was possible to obtain samples of stable sols with a high parameter value ms = SiO_2/TDS. The chemical composition of the gel layer formed on the tubes of microfiltration membranes during concentration was established. The range of SiO_2 particle sizes in the obtained sols was determined.

Keywords: hydrothermal solution, ortho-silicon acid, nanosilver salts, selectivity, permeability

К числу продуктов на основе аморфного кремнезема относят золи и нанопорошки SiO_2 [1–2]. Золи и нанопорошки SiO_2 отличают возможность применения в высокотехнологичных отраслях промышленности [3] и высокий уровень цен [4–5].

Целью нашей работы было изучение параметров микрофильтрационного мембранного концентрирования при получении гидротермальных золей кремнезема.

Материалы и методы исследования

Основная часть экспериментов по мембранному концентрированию сепарата была проведена на Мутновском месторождении парогидротерм: на площадках действующих станций – Мутновской ГеоЭС и Верхне-Мутновской ГеоЭС. Продуктивные скважины 048, 049, 055 Верхне-Мутновской ГеоЭС мощностью 12 МВт выводят на поверхность теплоноситель в виде пароводяной смеси (ПВС) с массовым паросодержанием 0,2–0,3. В сепараторах первой и второй линии при давлении 0,8 МПа и температуре 170,4 °С ПВС разделяется на паровую фазу, которая подается на турбины для генерации электроэнергии, и жидкую фазу (сепарат) с расходом 50–55 кг/с. Общее содержание кремнезема в сепарате составляет 650–820 мг/кг [6–7].

Кремнезем образуется в природном растворе из молекул ортокремниевой кислоты (ОКК), которая поступает в результате химического взаимодействия перегретого гидротермального раствора с алюмосиликатными минералами пород в недрах гидротермальных месторождений. При подъеме раствора на поверхность по продуктивным скважинам (рис. 1) и снижения температуры раствор становится пересыщенным и в нем проходят поликонденсация и нуклеация молекул ОКК, приводящие к формированию сферических наночастиц кремнезема с диаметрами 5–100 нм и более. Кроме кремнезема в растворе находятся ионы растворенных солей.

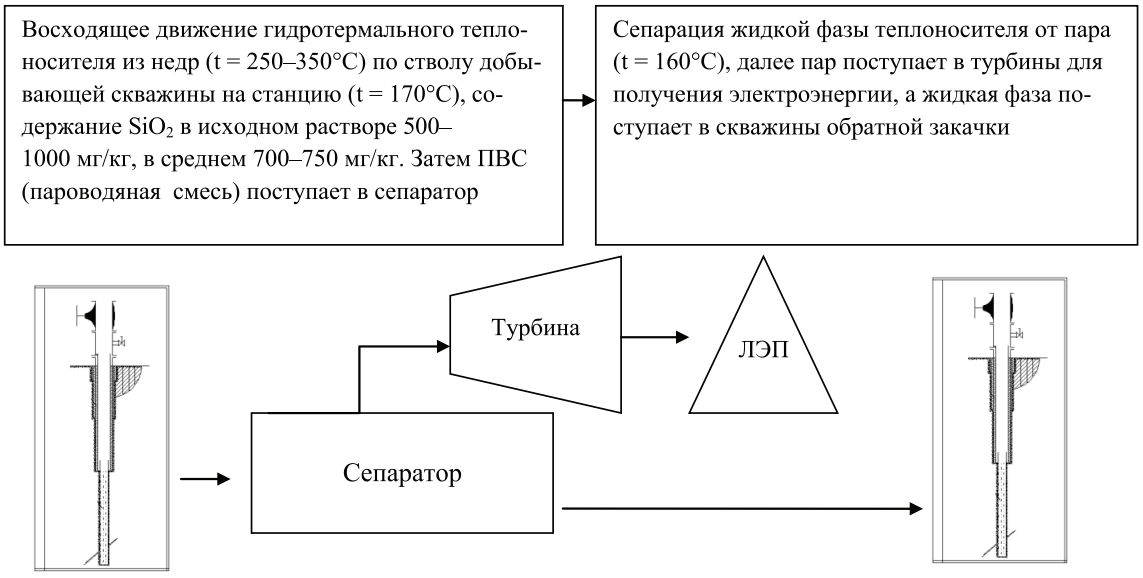


Рис. 1. Принципиальная схема Верхне-Мутновской ГеоЭС

Установка для мембранного концентрирования гидротермального раствора включала патрон (патроны) с микрофильтрационными мембранными фильтрами, насос, расходомеры, манометры, запорную и регулирующую арматуру, емкости исходного раствора, концентрата и фильтрата (рис. 2).

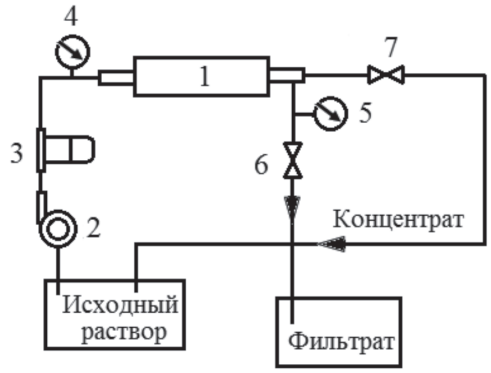


Рис. 2. Схема микрофильтрационной мембранной установки: 1 – микрофильтрационный мембранный фильтр; 2 – центробежный насос; 3 – расходометр; 4, 5 – манометр; 6, 7 – задвижка

Результаты исследования и их обсуждение

Исходные параметры золя на основе гидротермальных растворов: плотность $\rho = 1010$ г/дм^3, содержание $SiO_2 = 22$ г/дм^3, pH = 9,6, солесодержание TDS = 393 мг/дм^3. Полученный золь далее концентрировали на баромембранной установке, включающей микрофильтрационный патрон типа «Аквакон-200» трубчатого типа.

Параметры, фиксируемые в ходе эксперимента, по концентрированию золя указаны в таблице, где: Q_f – производительность установки по фильтрату, P – давление в установке, $TDS_к$ – соленость концентрата, $TDS_ф$ – соленость фильтрата, $\rho_к$ – плотность концентрата, $\rho_ф$ – плотность фильтрата, φSiO_2 – селективность по кремнезему, рассчитанная по формуле

$$\varphi_{SiO2} = (\varphi_{SiO2к} - \varphi_{SiO2ф})/\varphi_{SiO2к}, \quad (1)$$

φ_{TDS} – селективность по солям, рассчитанная по формуле

$$\varphi_{TDS} = (\varphi_{TDSк} - \varphi_{TDSф})/\varphi_{TDSк}. \quad (2)$$

По содержанию SiO_2 и солесодержанию в пробах концентрата и фильтрата были определены селективность мембран по кремнезему и солям в зависимости от времени (рис. 3, 4). Проницаемость мембран уменьшалась с течением времени по зависимости близкой к линейной (рис. 5), при этом селективность по кремнезему и солям увеличивалась, что можно объяснить формированием гелевого слоя на мембранном слое. Доля SiO_2 по твердой фазе в гелевом слое, образовавшемся при концентрировании, составила 91,6–96 мас.%. Доля микрокомпонент в гелевом слое была от $(3–4)\cdot10^{-4}$ мас.% до $216\cdot10^{-4}$ мас.%, химический состав и концентрация микрокомпонентов гелевого слоя указаны в табл. 1, 2.

Таблица 1

Химический состав отложений гелевого слоя

Химические компоненты	Гидротермальная среда, мас.%
SiO_2	91,6–96
TiO_2	0,0157
AL_2O_3	2,44
Fe_2O_3	< 0,001
FeO	0,370
MnO	0,00362
CaO	0,523
MgO	< 0,001
Na_2O	< 0,001
K_2O	0,380
P_2O_2	0,0175
потери при прокаливании (1200 °C)	4,56
Сумма	99,9
S	0,005

Таблица 2

Концентрации микрокомпонентов в составе гелевого слоя

Химические элементы	Гидротермальная среда, мг/кг
Sc	0
V	4
Cr	15
Ni	0
Cu	13
Zn	216
As	9
Rb	36
Sr	34
Y	10
Zr	7
Nb	0
Mo	0
Ba	0
La	3
Ce	18
Pb	8
Th	0
U	0

Селективность микрофильтрационной мембраны по частицам кремнезема увеличивалась равномерно со временем фильтрования в пределах 0,86–0,98. Селективность мембраны по растворенным солям увеличивалась также равномерно во времени в более широких пределах: 0,33–0,7 (рис. 3, 4).

Плотность, общее солесодержание концентрата и фильтрата увеличивались во времени по зависимости более сильной, чем линейная (рис. 6–8).

Благодаря тому, что селективность по частицам SiO_2 была близка к 1,0–0,86–0,98, а селективность по солям была в пределах 0,33–0,7, с помощью микрофильтрационного мембранного концентрирования удалось получить образцы стабильных золей с высоким значением параметра $m_s = SiO_2/TDS$ (рис. 9, 10).

По мере концентрирования при увеличении солесодержания $TDS_к$ в концентрате и в фильтрате $TDS_ф$ снижалась проницаемость мембранного слоя G при постоянном перепаде давления на мембранном слое $\Delta P = 0,75$ МПа. Селективность мембранного слоя по общему солесодержанию $\varphi_{TDS} = (TDS_к - TDS_ф)/TDS_к$ достигала 0,98 (табл. 3), плотность фильтрата $\rho_ф = 1000$ г/дм^3, содержание SiO_2 в фильтрате ($C_ф SiO_2$) в пределах 3 г/дм^3, pH концентрата была в пределах от 9,6 до 9,2.

Выводы

1. По содержанию SiO_2 и солесодержанию в пробах концентрата и фильтрата были определены селективность мембран по кремнезему и солям в зависимости от времени. Проницаемость мембран уменьшалась с течением времени по зависимости близкой к линейной, при этом селективность по кремнезему и солям увеличивалась, что можно объяснить формированием гелевого слоя на мембранном слое.

2. Селективность микрофильтрационной мембраны по частицам кремнезема увеличивалась равномерно со временем

фильтрования в пределах 0,86–0,98. Селективность мембраны по растворенным солям увеличивалась также равномерно во времени в более широких пределах: 0,33–0,7.

3. Плотность, общее солесодержание концентрата и фильтрата увеличивались во времени по зависимости более сильной, чем линейная.

Таблица 3

Параметры, фиксируемые в ходе эксперимента

Время, t мин	P_1, МПа	$Q_ф$, л/ч	G, $м^3/м^2 \cdot ч$	$\rho_к$, $г/дм^3$	$C_к SiO_2$, $г/дм^3$	$TDS_к$, $мг/дм^3$	$TDS_ф$, $мг/дм^3$	φSiO_2	φ_{TDS}	$m_s = (SiO_2/TDS)$, $г/дм^3$	t, °C
0	0,3	9,3	0,031	1010	22	393	262	0,86	0,33	55,9	18,4
60	0,3	9	0,03	1012	25	482	280	0,88	0,41	89,2	19,2
120	0,1	8,4	0,028	1017	31	525	291	0,90	0,44	59,0	18,8
180	0,15	8,1	0,027	1020	37	575	320	0,91	0,45	64,3	18,4
240	0,15	7,2	0,024	1020	37	615	324	0,91	0,47	66,0	18,6
300	0,15	6,6	0,022	1028	48	699	342	0,93	0,51	68,6	19,0
360	0,15	6,0	0,02	1031	52	797	358	0,94	0,55	65,2	19,2
420	0,15	5,4	0,018	1036	59	896	379	0,95	0,58	65,8	19,5
480	0,2	4,8	0,016	1046	72	995	387	0,96	0,61	72,3	20,0
540	0,2	4,2	0,014	1060	94	1190	401	0,97	0,66	78,9	20,6
610	0,2	3,6	0,012	1070	114	1390	429	0,97	0,69	82,0	20,8
615	0,2	3,4	0,011	1075	124	1490	450	0,98	0,7	83,2	21,0

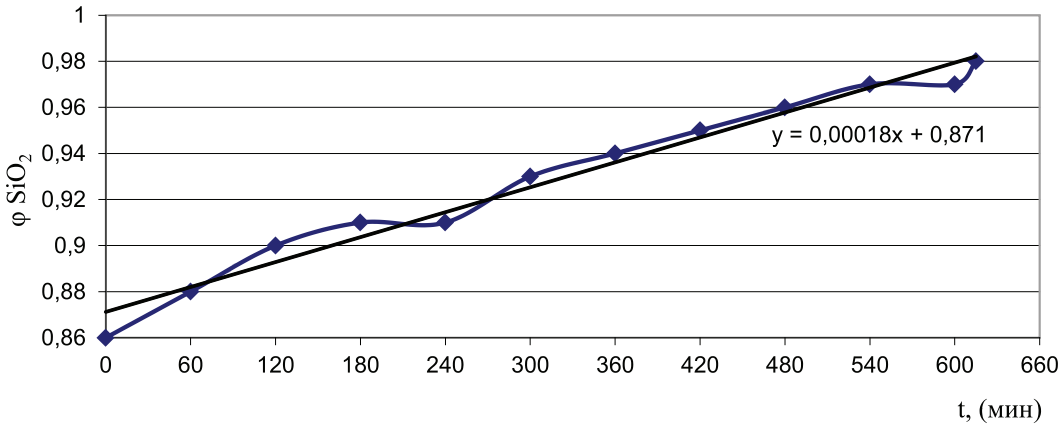


Рис. 3. Селективность мембран по диоксиду кремния в зависимости от времени

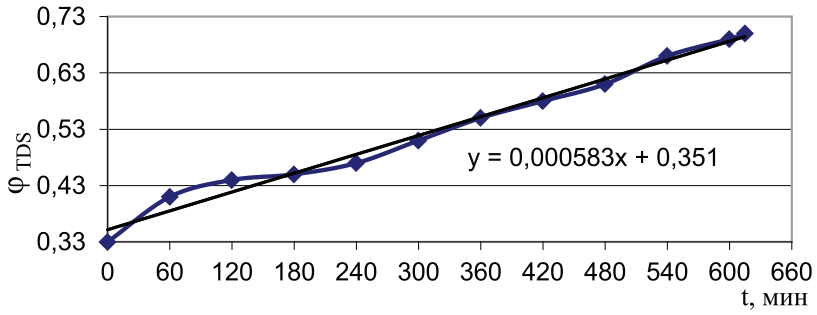


Рис. 4. Селективность мембран по солям TDS в зависимости от времени

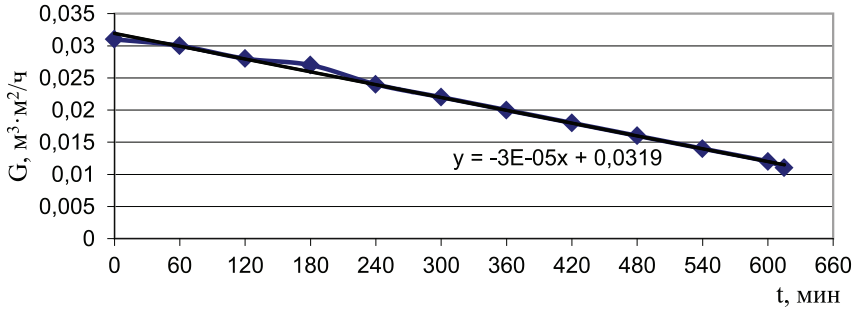


Рис. 5. Проницаемость мембраны в зависимости от времени

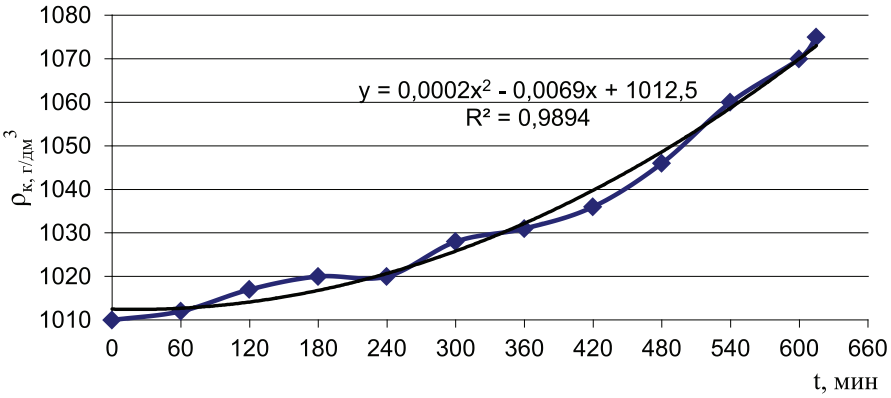


Рис. 6. Плотность концентрата в зависимости от времени

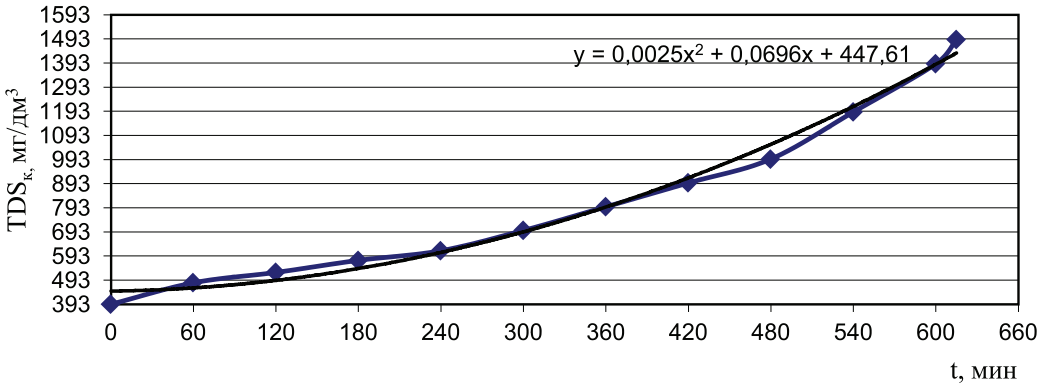


Рис. 7. Содержание солей TDS в концентрате в зависимости от времени

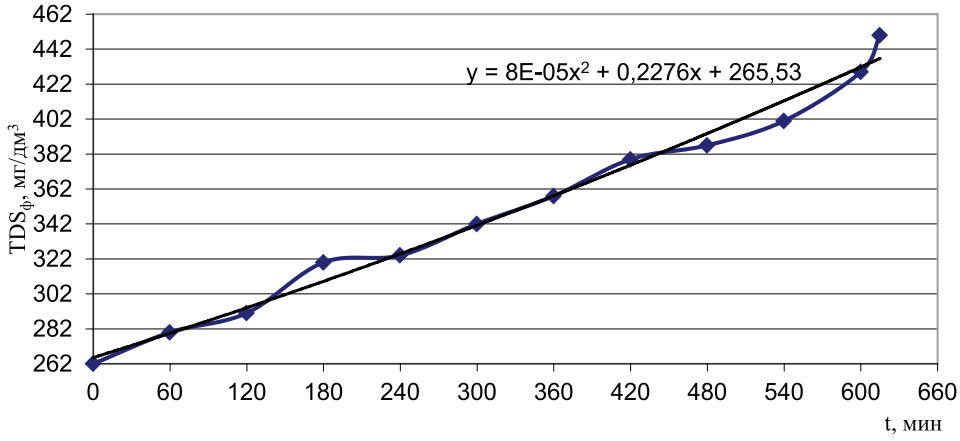


Рис. 8. Содержание солей TDS в фильтрате в зависимости от времени

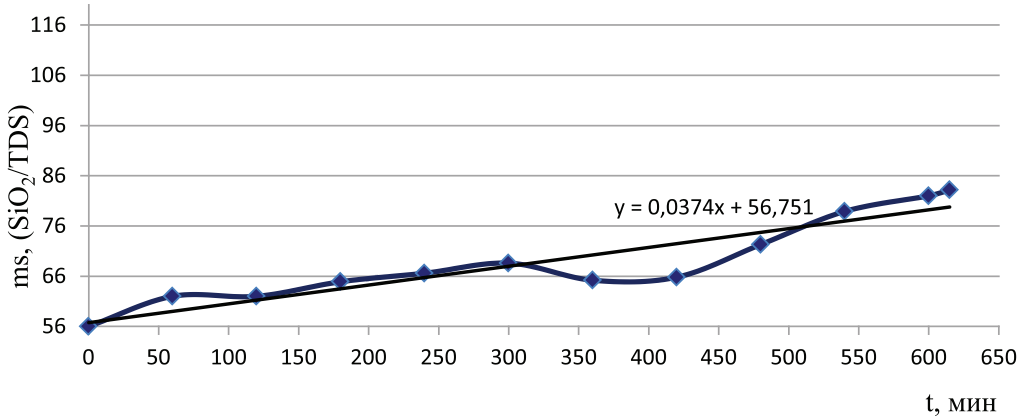


Рис. 9. Отношение концентрации кремнезема к содержанию солей TDS (SiO_2/TDS) в зависимости от времени нарастает

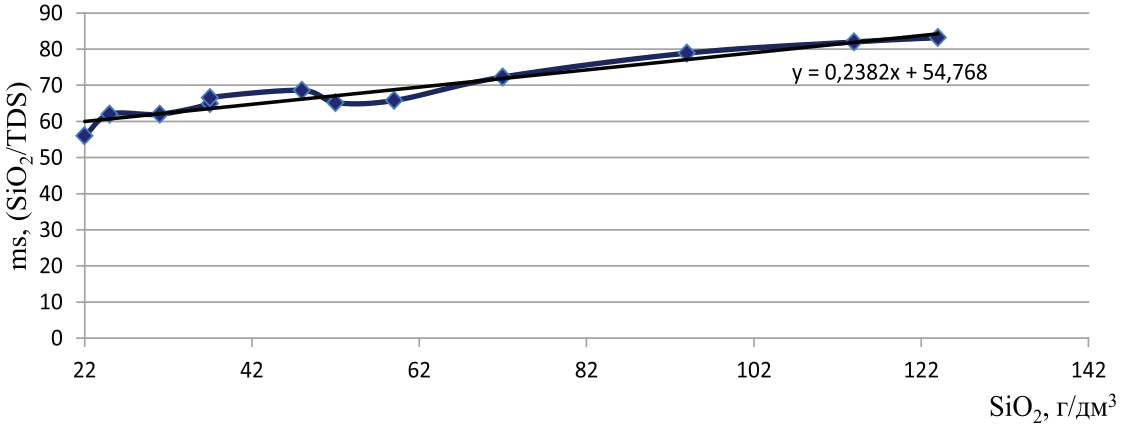


Рис. 10. Отношение концентрации кремнезема к содержанию солей TDS (SiO_2/TDS) в зависимости от нарастания содержания SiO_2 в концентрате возрастает

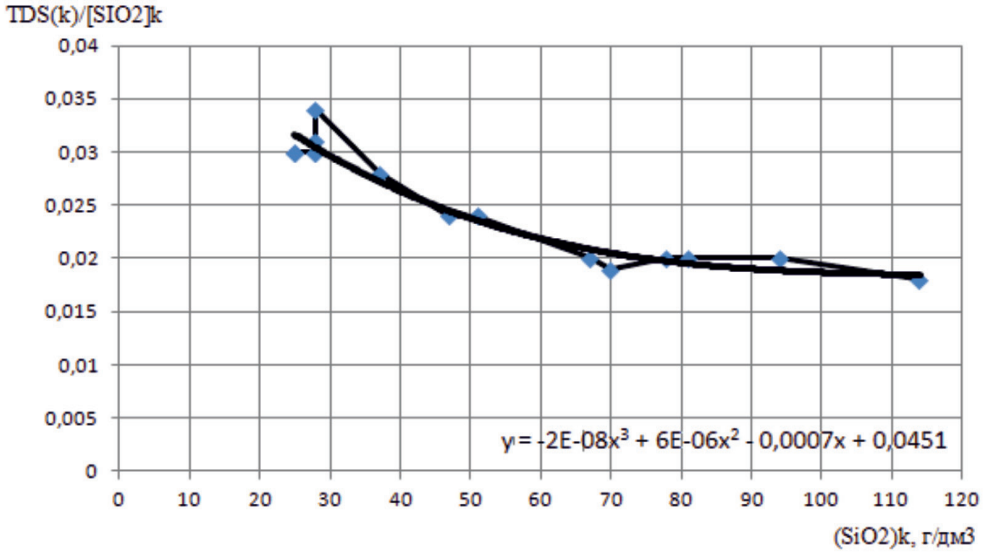


Рис. 11. Отношение концентрации солей TDS к содержанию кремнезема SiO_2 (TDS/SiO_2) в зависимости от нарастания содержания SiO_2 в концентрате

4. Благодаря тому, что селективность по частицам SiO_2 была близка к 1,0–0,86–0,98, а селективность по солям была в пределах 0,33–0,7, с помощью микрофильтрационного мембранного концентрирования удалось получить образцы стабильных золей с высоким значением параметра $m_s = SiO_2/TDS$.

Список литературы

1. Оуэнс Ф. Нанотехнологии / Ф. Оуэнс, Ч. Пул-мл. – М.: Техносфера, 2009. – 336 с.

2. Минько Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. – Белгород: Изд-во Флинта, 2009. – 168 с.

3. Sobolev K., Ferrada Gutierrez M. How Nanotechnology Can Change the Concrete World. American Ceramic Society Bulletin. 2005. № 10. P. 14–19.

4. Flores-Vivian I., Pradoto R.G.K, Moini M., Kozhukhova M., Potapov V., Sobolev K. The effect of SiO_2 nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials // Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. P. 1–10.

5. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А.А. Пантелеев [и др.]. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.

6. Потапов В.В., Горев Д.С., Шунина Е.В., Зубаха С.В. Результаты мембранного концентрирования химических соединений гидротермальных растворов: Li, B, Rb, Cs // Горно-информационный аналитический бюллетень. – 2016. – С. 476–490.

7. Френкель В.С. Мембранные технологии: прошлое, настоящее и будущее (на примере Северной Америки) // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 8. – С. 48–55.

УДК 681.5:[504.06+628.47]

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

[1]Еланцева Е.Н., [1]Середа Т.Г., [1-3]Костарев С.Н.

[1]ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет им. ак. Д.Н. Прянишникова», Пермь, e-mail: iums@dom.raid.ru;

[2]ФГКВОУ ВО «Пермский военный институт ВНГ Российской Федерации», Пермь;

[3]ФКОУ ВО «Пермский институт ФСИН», Пермь

В настоящей статье обоснована необходимость сокращения зоны воздействия от полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) методами рационального проектирования и эффективного управления. В качестве управляемых факторов выделены физико-химические характеристики отходов и продуктов их биодеструкции, а также выбор инженерных сооружений полигона ТКО в пределах отчужденной под строительство полигона ТКО территории. Показано, что нагрузка и воздействие на окружающую среду высоконагружаемого полигона будет распространяться на более дальние расстояния и на протяжении более длительного времени даже после его рекультивации, и этот факт должен учитываться при прогнозировании зоны воздействия таких полигонов для уточнения (обоснования) размеров санитарно-защитной зоны. Для минимизации загрязнения атмосферного воздуха от полигона ТКО на границе ближайших территорий до нормируемых показателей качества среды обитания, разработана пространственно-динамическая модель управления эмиссией выбросов с полигона ТКО. Поток рассматривался однофазным с учетом процесса рассевания загрязнений CO_x в атмосфере, принята k-Epsilon модель турбулентности. Разработана математическая модель, базирующаяся на законах сохранения массы, импульса, энергии и замыкающаяся уравнениями состояния идеального сжимаемого газа и турбулентности. Проведен численный расчет эмиссии примесей в атмосфере с помощью средств AnsysWorkbench.

Ключевые слова: полигоны, твердые отходы, ТКО, санитарно-защитная зона, зона воздействия, загрязняющие вещества

MODELING OF ENVIRONMENTAL QUALITY MANAGEMENT PROCESSES IN THE ZONE OF IMPACT OF THE LANDFILL MUNICIPAL SOLID WASTE

[1]Elantseva E.N., [1]Sereda T.G., [1–3]Kostarev S.N.

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

[2]Perm Military Institute of National Guard Troops of the Russian Federation, Perm;

[3]Perm Institute of the FPS of Russia, Perm

This article substantiates the need to reduce the impact zone from solid municipal waste (MSW) landfills by methods of rational design and efficient management. The physicochemical characteristics of the waste and products of their biodegradation as well as the choice of the engineering facilities of the MSW landfill within the TKO territory alienated under the construction have been identified as controlled factors. It is shown that the load and environmental impact of a highly loaded landfill will extend to longer distances and for a longer time even after its reclamation and this fact should be taken into account when predicting the impact zone of such polygons to clarify the MSW dimensions. To minimize air pollution from the MSW landfill at the border of the nearest territories to the standardized indicators of habitat quality, a model for managing emission of emissions from the MSW landfill has been developed. Numerical calculation of the dispersion of impurities in the atmosphere is carried out using the tools AnsysWorkbench.

Keywords: polygons, solid waste, solid municipal waste, sanitary protection zone, impact zone, pollutants

Различные комплексы мер по управлению процессами на полигонах твердых коммунальных отходов (ТКО) [1, 2] могут привести к разным результатам, поэтому необходимо уже на этапе проектирования полигона определить и произвести действия по уменьшению его негативного воздействия на население и окружающую среду.

Действенной мерой является необходимое удаление объектов размещения отходов от мест проживания населения. В этом случае расстояние сыграет защитную (буферную) роль по отношению к населенным местам. Такой способ снижения экологической нагрузки на население можно считать наилучшим относительно настоящего и ближайшего будущего времени. Однако необходимо задумываться и о более отдаленном будущем в связи с расширением территории городской застройки.

Методы исследования

При обосновании методов и алгоритмов управления полигоном ТКО исполь-

зовались методы системного анализа, теория автоматического управления, методы математического и имитационного моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Города и другие населенные пункты имеют свойство расти, развиваться, охватывая все большие площади, занимая территории, ранее пустовавшие или использовавшиеся в других целях. В частности, буферные зоны могут попасть под застройку через несколько десятков лет. Несмотря на то, что строительство жилья может быть осуществлено только при условии содержания загрязнителей в компонентах окружающей среды в рамках предельно допустимых концентраций, наличие неприятного запаха в атмосферном воздухе или привкуса в воде может ощущаться даже при соблюдении гигиенических нормативов. Население таких районов будет вынуждено мириться с несовершенством экологического состояния окружающей среды, хотя возможно было еще на ранних этапах проектирования применить не только защиту расстоянием, но и другие эффективные меры по снижению негативного воздействия полигонов ТКО.

Ограничение использования территории в зоне воздействия полигона может нанести также экономический ущерб, препятствуя эффективному использованию территории. Поэтому следует стремиться не только к обеспечению удовлетворительных условий проживания в существующих ближайших к полигону населенных местах. Необходимо изначально задавать такие параметры функционирования полигона, при которых его воздействие на все компоненты окружающей среды будет минимальным. Иначе говоря, необходимо максимально сократить зону воздействия от полигонов ТКО методами рационального проектирования и эффективного управления.

Применяемые технологии в области захоронения ТКО разнятся между собой не только в экономическом отношении, но и в отношении длительности окончательного возвращения продуктов биоразложения в естественный биогеохимический цикл, а также по возможному расстоянию (объему) зоны воздействия полигона ТКО в течение всего периода биодеструкции отходов. Необходимость скорейшего возврата земель, находящихся в зоне воздействия полигона, в хозяйственный оборот диктует необходимость внедрения технологий, обеспечивающих наименьшее загрязнение объектов биосферы [3] в эксплуатационный период полигона ТКО и обеспечивающих наиболее быстрое восстановление земель в период его рекультивации [4].

Для того, чтобы выбрать оптимальный для каждого конкретного случая способ управления, следует в первую очередь выделить факторы, влияющие на конечный результат. Во-вторых, из общего перечня факторов нужно выбрать те, управляя которыми можно достичь наилучшего результата и подобрать технологические, конструктивные и планировочные методы управления полигоном ТКО. При поставленной задаче по уменьшению воздействия полигона ТКО на окружающую среду в конкретном заданном ландшафте следует отталкиваться от имеющихся климатических, гидрологических, геоморфологических, геологических, биологических и хозяйственных условий и подбирать технологические и конструктивные решения, согласующиеся с ними.

Среди факторов, влияющих на количество и качественный состав загрязняющих веществ от полигонов, в [5] названы: рабочая (активная) площадь полигона, сроки эксплуатации полигона, количество захороненных отходов, мощность слоя складированных отходов (высота от уровня земли), соотношение количеств завезенных бытовых и промышленных отходов, содержание органической составляющей в отходах, содержание жироподобных, углеводоподобных и белковых веществ в органической составляющей отходов.

Степень управляемости указанными факторами может варьировать от высокой в случае, если полигон проектируемый, до средней или низкой в случае, если полигон уже рекультивирован. В качестве управляемых факторов можно выделить такие физико-химические характеристики, как влажность поступающих на полигон отходов, их морфологический состав, плотность, гранулометрический состав, химический состав фильтрата и свалочного газа, а также планировку сооружений полигона ТКО в пределах выделенной территории.

При проектировании высоконагружаемых полигонов ТКО (высота которых достигает 20 м и нагрузку на площадь более 10 т/м^2 (100 тыс. т/га)), наряду с экономией земельных ресурсов происходит предельное увеличение нагрузки на единицу площади занимаемой земли. Согласно действующей редакции СанПиН [6], ориентировочный размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для всех полигонов твердых бытовых (коммунальных) отходов

составляет 500 м. Однако нагрузка и воздействие на окружающую среду высоконагружаемого полигона по сравнению с менее нагружаемыми будет распространяться на более дальние расстояния и на протяжении более длительного времени даже после его рекультивации, хотя этот факт до сих пор не учитывался при обосновании СЗЗ у высоконагружаемых полигонов ТКО. Также необходимы проектные решения по снижению повышенной негативной нагрузки высоконагружаемых полигонов на окружающую среду и сокращение зоны их воздействия на окружающую среду. В то же время для малых полигонов ТКО требуется проектный расчет зоны воздействия таких полигонов для уточнения (обоснования) СЗЗ. Зона воздействия полигона определяется в основном рассеиванием выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с учетом фоновых концентраций при условии, что на полигоне ТКО предусмотрен защитный противофильтрационный экран, воздействие складируемых на нем отходов на почву, недра, подземные и наземные водные объекты минимизировано, и объект работает в штатном режиме.

Ранее нами определялись параметры объекта размещения и обезвреживания отходов [7], оказывающие наиболее значимое воздействие на загрязнение атмосферного воздуха на границе ближайших территорий с нормируемыми показателями качества среды обитания. Для этого рассматривалась совокупность вариантов параметров объекта размещения и обезвреживания отходов, при которой воздействие объекта на состояние атмосферного воздуха на границе ближайших территорий с нормируемыми показателями качества среды обитания было минимальным. На основе этих исследований разрабатывалась математическая модель оптимизации размещения объекта и обезвреживания отходов к границам ближайших территорий с нормируемыми показателями качества среды обитания. Объектом исследования являлись выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от местности проектируемого полигона отходов (рис. 1).

Механизм управления полигоном заключается в поддержании потока эмиссии загрязняющих веществ, не превышающем ПДК на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ), а в качестве управляющих параметров будут выступать физико-химические параметры массива, оказывающие влияние на эмиссию, изученные ранее. В качестве критерия управления полигоном предложено использовать показатель относительного отклонения потока эмиссии загрязняющих веществ:

$$\int_{t_0}^{t_k}\int_{x_0}^{x_k}\int_{y_0}^{y_k}\left|q(x,y,t)\right|\mathrm{d}x\mathrm{d}y\mathrm{d}t \rightarrow \min. \qquad (1)$$

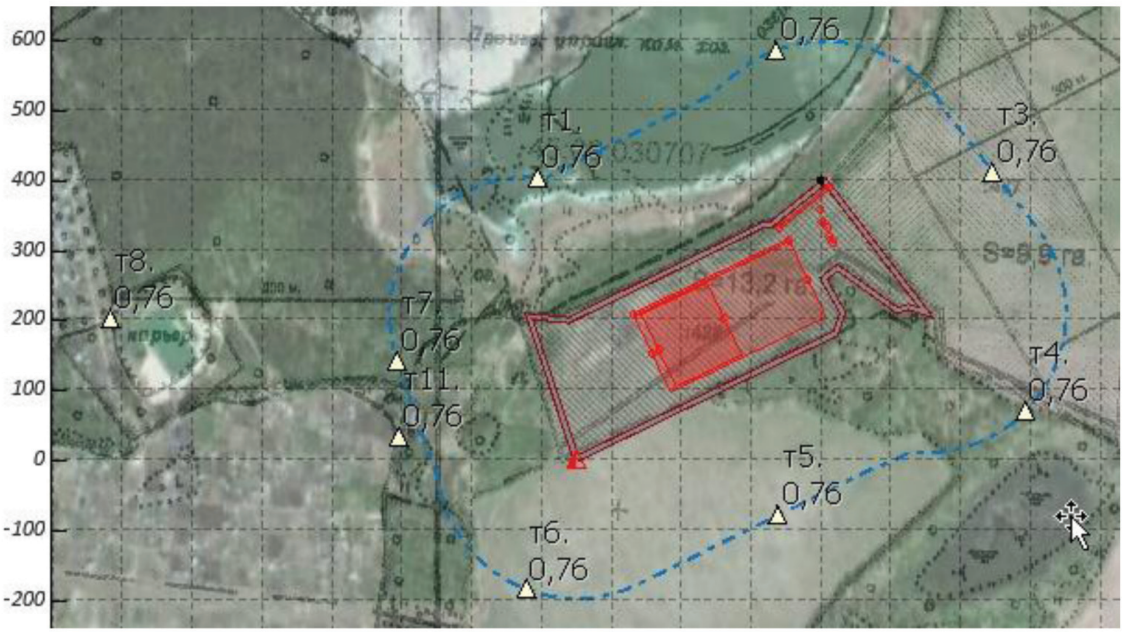


Рис. 1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от полигона отходов. Масштаб 1:10000

Управление полигоном с обратными связями по отклонению величин потока $q(x, y, t)$ и концентрации загрязнений $\rho(x, y, t)$ от необходимого режима формализовано системой уравнений [8], характеризующих состояние объекта в отклонениях от заданного режима и управление объектом с помощью скорости v или интенсивности потока q выбросов в атмосферу:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial q}{\partial t} = -\dfrac{\partial \rho(x,y,t)}{\partial x} - \dfrac{\partial \rho(x,y,t)}{\partial y} + b(x,y,t) \\ v(x,y,t) = -k_1(x,y,\tau)\int\limits_t q(x,y,t)dt \end{cases} \quad (2)$$

$$x_0 \le x \le x_k, y_0 \le y \le y_k, t \ge t_0, q(x_0, y_0, t) = q_0(t),$$

$$q(x_k, y_k, t) = q_k(t), \rho(x, y, t_0) = \rho_0(x, y),$$

$$\rho_x = vq_x, \rho_y = wq_y.$$

В основе описания рассеивания загрязнений в атмосфере положено уравнение движения Эйлера (сохранения массы) с учетом возмущений $b(x, y, t)$, вызываемых внешними и внутренними факторами. При формировании модели воздействия полигона на атмосферный воздух предполагается, что перенос загрязняющих субстанций в атмосфере осуществляется ветровыми потоками воздуха с учетом их мелкомасштабных флуктуаций. Осредненный поток субстанций, переносимых воздушными массами, как правило, имеет адвективную и конвективную составляющие, а осредненные флуктуационные движения можно интерпретировать как диффузию на фоне основного осредненного движения, связанного с ним.

Аналитическое решение задачи управления эмиссионным потоком

На перенос примесей в основном будут влиять ветровые потоки воздуха, если предположить, что скорость ветра в направлении оси y $w = 0$, тогда уравнение движения в частном случае запишется в виде

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\frac{\partial \rho(x,t)}{\partial x} + b(x,t). \quad (3)$$

Мелкомасштабные флуктуации воздушных масс можно описать возмущением $p(\xi, t)$, где (x, ξ), (t, τ) – сопряженные переменные.

Введя функцию управления выбросами с полигона $u(x, t)$ запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial q}{\partial t} = -\dfrac{\partial \rho(x,t)}{\partial x} + b(x,\tau) \quad \text{объект} \\ q(x,t) = -u(x,t) + p(\xi,t) \quad \text{управление} \end{cases}. \quad (4)$$

Представим функцию управления, как пропорциональный регулятор:

$$u(x, t) = k_1 q(x, t) + k_2 \rho(x, t).$$

Подставляя функцию управления в (4) и разделяя переменные, получим

$$\begin{cases} q'_t(1-k_1) + k_2 q'_x = -k_2 b + p'_t, \\ \rho'_t(1-k_1) + k_2 \rho'_x = -(1-k_1)b + p'_x. \end{cases} \quad (5)$$

Система уравнений (5) имеет аналитическое решение при известных начальных и краевых условиях, которое может быть получено на основе импульсной функции Дирака [9]. Функция Грина (6) является решением уравнения для рассматриваемой краевой задачи

$$q(x,t) = \int\limits_{t_0}^{t}\int\limits_{x_0}^{x} G(x,\xi,t,\tau)\omega(\xi,\tau)d\xi d\tau. \quad (6)$$

Для системы (5) значения функций G и ω имеют следующий вид:

$$G(x,\xi,t) = \frac{1}{\beta}\exp\left[-\frac{\phi}{\beta}(x-\xi)\right]\delta\left[t - \frac{\alpha}{\beta}(x-\xi)\right]1(x-\xi)$$

$$\omega(x,t) = \alpha c(x)\delta(t) - \beta q(t)\delta(x) + f(x,t).$$

В одномерном случае δ-функция равна

$$\delta\left(f\left(x\right)\right)=\sum_{k}\frac{\delta(x-x_k)}{\left|f'(x_k)\right|},$$

где x_k – простые нули функции $f(x)$, $f'(x)$ – непрерывна в точке x_k.

При использовании полиноминальной формы δ-функции при формализации функции возмущений $p(\xi, t)$, $b(x, \tau)$ решение для управления эмиссионным потоком биогаза q от колебания количества загрязнений при реакции с внешней средой $b(x, \tau)$ примет вид

$$q\left(x,t\right)=\frac{1}{\alpha}\int_{t_0}^{t}\frac{k_2\delta\left(\tau\right)}{\xi_1^2+1}d\tau.$$

Проведя интегрирование, получим

$$q\left(x,t\right)=\frac{\alpha k_2}{\left(\alpha x-\beta t\right)^2+\alpha^2}$$

при $\alpha=1-k_1$, $\beta=k_2$.

Управление эмиссионным потоком биогаза от флуктуации воздушных масс $p(\xi, t)$, опишется уравнением:

$$q(x,t)=\frac{2t}{\sqrt{\left(\alpha x-\beta t\right)^2+\alpha^2}}\times$$

$$\times\operatorname{arctg}\frac{\alpha t}{\sqrt{\left(\alpha x-\beta t\right)^2+\alpha^2}}.$$

Таким образом, управляя эмиссионным потоком биогаза, можно регулировать предельно допустимую концентрацию загрязнений на границе селитебной зоны.

Имитационное моделирование эмиссии загрязняющих веществ

Исследуя метеорологические характеристики района расположения полигона, были определены исходные данные для проведения моделирования загрязнения атмосферы: средняя температура наружного воздуха 25,2 °С, коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы 160,0. Коэффициент рельефа 1,0. Задан порог целесообразности проведения расчетов по вкладу источников выброса 0,01 ПДК.

Численное моделирование

В соответствии с принятой физической моделью проведено численное моделирование, которое базируется на законах сохранения массы, импульса, энергии и замыкается уравнениями состояния идеального сжимаемого газа и турбулентности, а также начальными и граничными условиями. Сформулированы следующие допущения: поток рассматривается однофазным, учитывается процесс рассеивания загрязнений CO_X в атмосфере, принята k-Epsilon модель турбулентности. При формировании физической модели в качестве принятого допущения не учитывалось влияние гравитации. В контексте данных исследований рассматривалась задача анализа газодинамических характеристик потока рассевания загрязнений CO_X в атмосфере от массива отходов (МО) полигона. Модель содержала твердую область МО и кольцевую область, которая представляла границу мониторинга атмосферы. Конструкция трехмерная, её модель и сеточная модель построены с помощью средств AnsysWorkbench [10]. Были созданы домены MSW и Atmosfera. На рис. 2 и 3 показаны граничные условия для доменов.

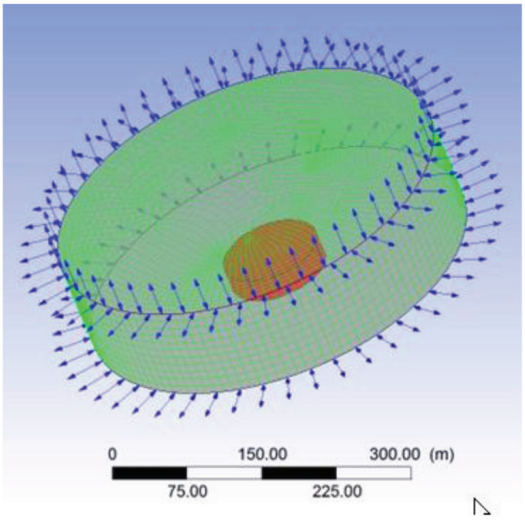


Рис. 2. Создание граничных условий для домена Atmosphera

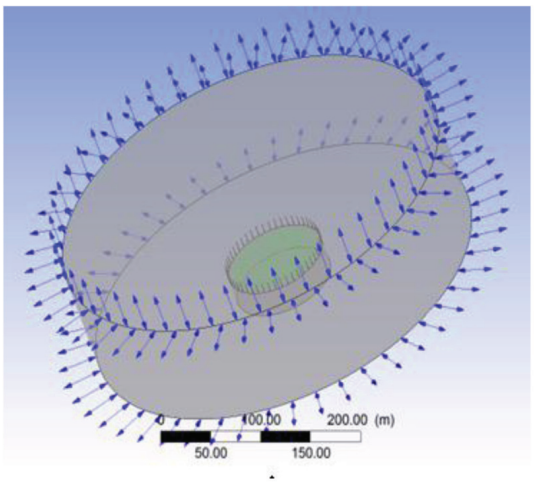


Рис. 3. Создание граничных условий для доменов MSW и Atmosphera

Проведено моделирование процесса нестационарной симуляции в ANSYS CFX-Pre (рис. 4).

Результаты численного моделирования рассеивания CO_X показали, что на границе зоны мониторинга атмосферы (250 м) концентрация CO_X варьируется в пределах от 0,05 мг/м^3 до 0,2 мг/м^3 и не превышает ПДК, значение которой составляет 5,0 мг/м^3.

Расчёт по методике оценки концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий

Для сравнения проведен расчёт загрязнения атмосферы по веществу «Углерод оксид», выполненный в соответствии с [11], с использованием унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы УПРЗА «ЭКО центр».

Для проведения расчета загрязнения атмосферы в первую очередь были определены максимально разовые выбросы оксида углерода от всех источников выбросов полигона на момент окончания его эксплуатации: котельной, ДВС передвигающихся и работающих под нагрузкой автомобилей и спецтехники, площадки для складирования отходов. Определены координаты расположения источников выбросов на картесхеме. Принято, что все источники работают одновременно. Заданы 12 расчетных точек на высоте 2 м над землей на границе санитарно-защитной зоны и ближайших мест с нормируемыми показателями качества атмосферного воздуха. Кроме этого, задана расчетная площадка 3000×2000 м с шагом 100 м (всего узлов расчётной сетки – 651). Проведены детальные расчеты рассеивания оксида углерода в атмосфере. Ситуационная карта-схема района размещения предприятия с нанесенными изолиниями расчётных концентраций, выраженных в долях ПДК, по расчётной площадке приведена в масштабе 1:20000 на рис. 5. Значения приземных концентраций в каждой расчётной точке в атмосферном воздухе представляют собой суммарные максимально достижимые концентрации, соответствующие наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям. Значения максимальных концентраций в расчётных точках приведены на рис. 5.

Анализ результатов моделирования

Результаты расчета показали, что концентрация оксида углерода на границе санитарно-защитной зоны и на границе ближайших территорий с нормируемыми показателями качества атмосферного воздуха не превысит нормативный гигиенический критерий 5 мг/м^3 и составит от 0,001 до 0,004 ПДК, или от 0,0073 до 0,02 мг/м^3. Результаты численного моделирования показали уровень загрязнений от 0,05 мг/м^3 до 0,2 мг/м^3, что также соответствует нормативным нормам.

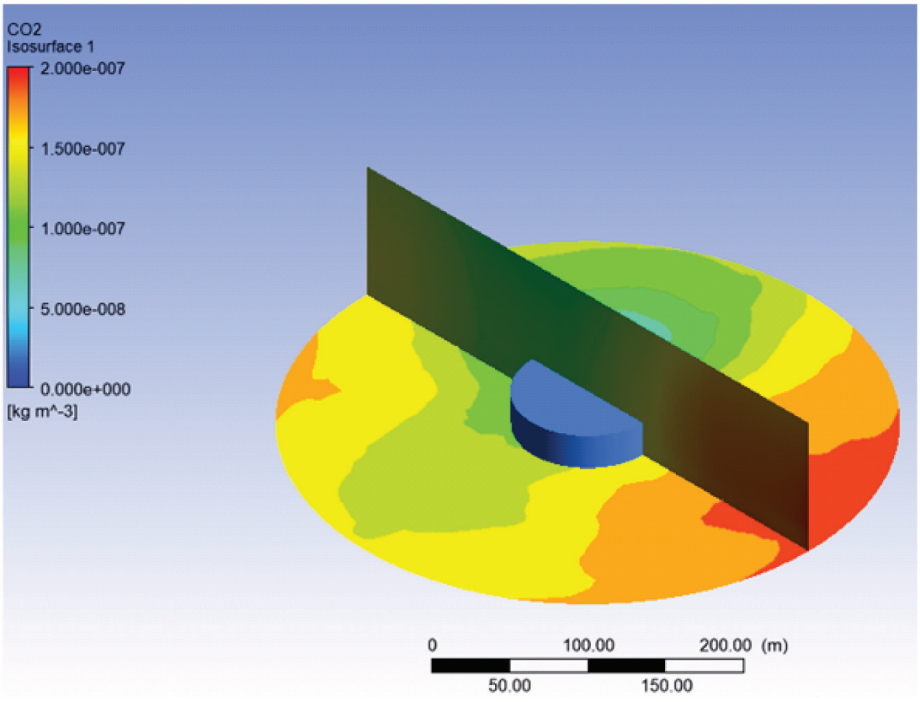


Рис. 4. Изоповерхность рассеивания CO_X

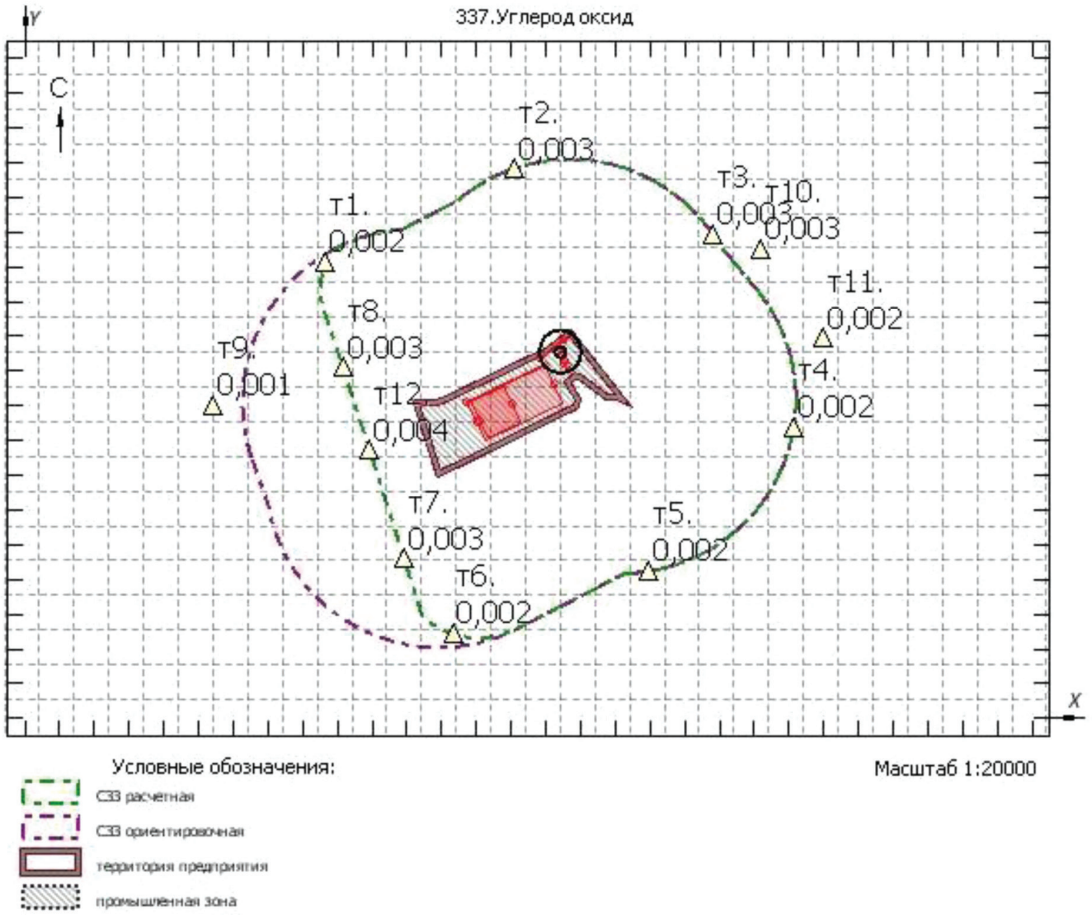


Рис. 5. Карта-схема полигона ТБО с результатами расчета рассеивания оксида углерода

Выводы

При определении СЗЗ следует учитывать, что в соответствии с методикой [10] для совокупности источников выбросов отдельных предприятий рассчитываются зоны влияния, включающие в себя круги определенного радиуса, проведенные вокруг каждого из основных источников выброса (труб или других источников) предприятия, и участки местности, на которых суммарная концентрация загрязняющего вещества (ЗВ) от всей совокупности источников данного предприятия превышает 0,05 максимальной разовой предельно допустимой концентрации. Зоны воздействия должны рассчитываться по каждому ЗВ (группе ЗВ комбинированного вредного действия) отдельно.

Таким образом, предлагаемые модели рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для определения зоны влияния полигонов ТКО позволят уже на проектном этапе обосновать методы и технологии управления (сокращения) выбросами загрязняющих веществ в пределах СЗЗ.

Список литературы

1. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для ТБО // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 8. – С. 52–60.

2. Технологии автоматизированного управления полигоном твердых бытовых отходов / Н.И. Артемов [и др.]. – Пермь: НИИУМС, 2003. – 266 с.

3. Кияшко Л.Ю., Сергеев Н.В., Елизарьева А.Н. Комплексный подход при оценке влияния захоронений твердых бытовых отходов на водные объекты // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность-2016): материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2016. – С. 231–247.

4. Виноградова Л.А., Моторная Н.Г. Управление твердыми бытовыми отходами в микрорайоне Крутая горка // Решение экологических проблем современного общества для устойчивого развития: материалы науч.-практ. конф. – Омск: Литера, 2016. – С. 129–133.

5. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. – М., 2004. – 20 с.

6. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (с изменениями на 25 апреля 2014 года). – М., 2014. – 27 с.

7. Еланцева Е.Н., Костарев С.Н., Середа Т.Г. Оценка фонового содержания приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на предпроектной стадии строительства объекта по захоронению твердых бытовых отходов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2 [Электронный ресурс]. – URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=22101 (дата обращения: 05.03.2018).

8. Sereda T.G., Kostarev S.N. Three-loop automatic of control system the landfill of household solid waste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017, vol. 66. P. 012028.

9. Бутковский А.Г. Структурная теория распределенных систем. – М.: Наука, 1977. – 156 с.

10. Костарев С.Н., Середа Т.Г., Еланцева Е.Н. Численное моделирование процесса рассеивания загрязнений в атмосфере // Вестник ПНИПУ. Безопасность и управление рисками. – 2016. – № 4. – С. 88–107.

11. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: приказ Минприроды России от 06.06.2017 № 273 [Электронный ресурс]. – URL: https://cdnimg.rg.ru/pril/143/84/68/47734.pdf (дата обращения: 22.03.2018).

УДК 658.5:621.61:628.1(075.8)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

Ефимов А.Ю., Попов А.А.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва» (национальный исследовательский университет), Саранск, e-mail: artemka.popov.2017@gmail.com

Настоящая статья посвящена исследованию передачи тепла от поршневого компрессора к нагреваемой среде, использующей тепло для нагрева воды, применяемой на собственные нужды компрессорной станции (КС). В связи с высокими тарифами на тепловую энергию возникает вопрос в энергосбережение. Показано, что при отводе тепла от компрессора забирается тепло и отводится в окружающую среду, таким образом не задействуется данный вид тепловой энергии. На первом этапе была рассмотрена разновидность компрессоров с водяным охлаждением. Были анализированы все методы охлаждения компрессора, где более рациональным оказался метод с замкнутой циркуляцией системы охлаждения КС. Были представлены и описаны схемы с поршневой КС с воздушным охладителем и схема поршневой КС с рекуперацией теплоносителя. На втором этапе была собрана схема поршневой КС с рекуперацией теплоносителя, где жидкость отдавала тепло через рекуперативный теплообменник другой среде, тем самым охлаждала компрессор и отводила тепло. По итогу были проведены практические эксперименты на лабораторной установке, которые позволили более наглядно показать передачу тепла от одной среды к другой, тем самым экономить энергию на нагрев среды.

Ключевые слова: компрессорная станция, передача тепла, теплообменник, водяное охлаждение, воздушное охлаждение

ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USE OF HEAT OF THE PISTON COMPRESSOR

Efimov A.Yu., Popov A.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University», Saransk, e-mail: artemka.popov.2017@gmail.com

This article is devoted to the study of heat transfer from a reciprocating compressor to a heated medium using heat for heating water, which is used for the compressor station's own needs (CS). In connection with high tariffs for thermal energy, the question arises of energy conservation. It is shown that when heat is removed from the compressor, heat is taken away and taken to this environment, thus this kind of heat energy is not involved. At the first stage, a variety of water-cooled compressors was considered. All methods of cooling the compressor were analyzed, where the method with a closed circulation of the cooling system of the compressor turned out to be more rational. Conditional circuits with a piston compressor with an air cooler and a piston compressor circuit with heat carrier recovery were also presented. At the second stage, a piston compressor circuit with heat recovery was assembled, where the liquid transferred heat through a recuperative heat exchanger of another medium, thereby cooling the compressor and removing heat. As a result, practical experiments were carried out on a laboratory installation that made it possible to more clearly show the transfer of heat from one environment to another, thereby saving energy on heating the medium.

Keywords: compressor station, heat transfer, heat exchanger, water cooling, air cooling

В настоящее время на предприятиях почти все компрессоры при выработке сжатого воздуха применяют механический привод от электродвигателя для реализации поставленной цели – накачать тот объём сжатого воздуха, который необходим потребителю. При работе любого компрессора объёмного действия выделяется большое количество тепла, которое образуется как из-за трения подвижных частей агрегата, так и при изотермическом сжатии воздуха. Данное тепло необходимо отводить из компрессора посредством системы охлаждения [1].

Однако при отводе тепла от компрессора забирается тепловая энергия и выбрасывается в окружающую среду, таким образом никак не задействуется данный вид тепловой энергии. Но если будем отводить тепло от компрессора и подводить его к теплообменнику, сможем нагревать или подогревать воду для собственных нужд КС. Тем самым возможно получить больше КПД, чем терять данный вид тепловой энергии [2].

Рассмотрим разновидности компрессоров с водяным охлаждением.

Водяное охлаждение воздушного компрессора достаточно эффективно. Охлаждающая жидкость отводит большее количество тепла, произведенного компрессором. С помощью водяного охлаждения можно перенаправлять до 90% всей энергии, потребляемой компрессором, и использовать ее для других нужд предприятия. Водяная система охлаждения устроена по определенной схеме, которая предполагает открытую систему без водяной циркуляции или с водяной циркуляцией и закрытую систему с водяной циркуляцией [3].

1. Открытая система без циркуляции воды.

Охлаждающей жидкостью данной системы является обычная вода, взятая из водопровода, озера и др. источников. Пройдя по системе охлаждения компрессора и охладив его, вода попросту сливается в канализацию. Регулятором объемов потребления воды и температуры, которая не должна превышать установленного уровня, является обычный термостат. Но существенные расходы связаны с эксплуатацией, особенно если использовать воду из реки или озера, во избежание засоров необходимо потратиться на фильтры, которые подлежат замене или прочистке после окончания установленного срока использования.

2. Открытая система с циркуляцией воды.

В данной системе вода циркулирует по замкнутому кругу. Вода проходит через систему охлаждения компрессора и попадает в градирню (где остывает), затем снова в систему охлаждения. Вода в градирне может охладится на 2 градуса ниже окружающей среды, так же ее температура зависит от температуры и влажности воздуха. Эта система удобна, если нет источника подачи воды для создания открытой, но не замкнутой системы охлаждения, т.е. без циркуляции воды [3].

Недостатков эта система имеет достаточно много, помимо необходимости постоянно доливать воду в систему (большой процент испарения воды), она еще сильно загрязняется. В воду попадает большое количество разнообразных спор растений, их размножение недопустимо (например, водорослей), поэтому необходима химическая очистка.

3. Замкнутая система.

Система охлаждения, которая предусматривает циркуляцию охлаждающей жидкости по кругу с применением охладителя, называют замкнутой системой. Контурный охладитель может быть как водяным, так и воздушным. Охладитель жидкости на водяной основе – это просто градирня закрытого типа, т.е. в ней не происходит потери охлаждаемой жидкости. Система охлаждения, в которой применяется воздушный способ охлаждения, включает себя батарею и принудительную вентиляцию [4].

Анализируя все методы охлаждения компрессора, более рациональным является метод с замкнутой циркуляцией системы охлаждения. Его эффективность заключается в том, что используется специальная жидкость, не позволяющая образовываться накипи на внутренней поверхности компрессора, что в свою очередь благоприятно сказывается на компрессорной установке, и нет необходимости постоянно добавлять охлаждающую жидкость в систему.

Цель исследования заключается в повышении показателя эксергетического КПД поршневой компрессорной станции за счет внедрения теплообменника, что позволит утилизировать тепло выделяемым компрессором.

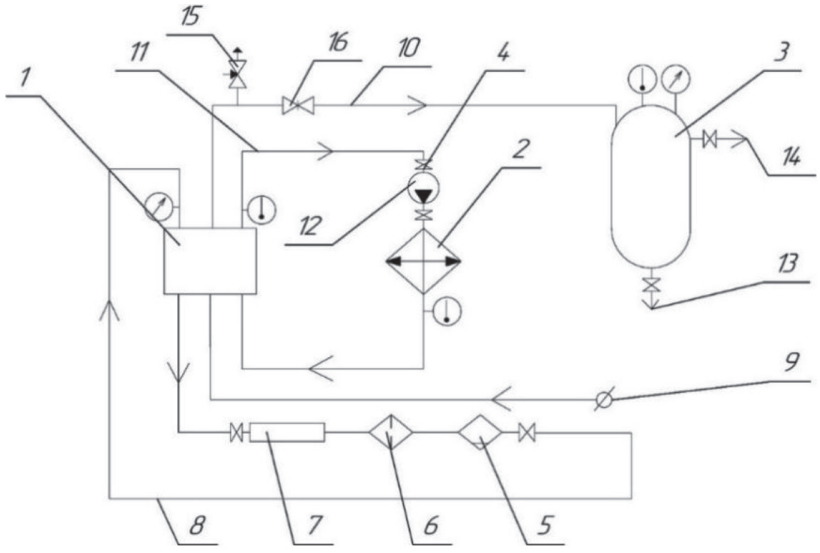


Рис. 1. Схема поршневой компрессорной станции с воздушным охладителем: 1 – компрессор; 2 – охладитель воздушный; 3 – ресивер; 4 – вентиль; 5 – масловодоотделитель; 6 – фильтр; 7 – масляный картер; 8 – масляный трубопровод; 9 – всасывающий трубопровод; 10 – система сжатого воздуха; 11 – система охлаждения; 12 – циркуляционный насос; 13 – слив конденсата; 14 – магистраль подачи сжатого воздуха; 15 – пусковой, разгрузочный клапан; 16 – запорная задвижка

Материалы и методы исследования

В качестве исследуемого объекта в работе использовался теплоноситель, применяемый в охлаждении компрессора. Для сравнения исследовали и сравнивали схему с воздушным и водяным охлаждением компрессорной станции.

Рассмотрим принципиальную схему и принцип работы поршневой компрессорной станции с воздушным охлаждением.

Поршневая компрессорная станция работает следующим образом. При работе компрессора 1 атмосферный воздух поступает через всасывающий трубопровод 9. Пусковой разгрузочный клапан 15 и запорная задвижка 16 предназначены для облегчения запуска поршневого компрессора. Из компрессора 1 сжатый воздух передаётся по трубопроводу сжатого воздуха 10 в ресивер 3. Далее сжатый воздух по магистрали подачи сжатого воздуха 14 подаётся потребителю. В ресивере стоит датчик давления и датчик температуры. Они служат для мониторинга свойств сжатого воздуха. Для выхода конденсата в ресивере предусмотрен трубопровод 13.

При работе компрессора 1 выделяется большое количество тепла при возвратно-поступательном движении поршня. Если данное тепло не отводить от компрессора, то будет происходить перегрев воздуха и будет понижаться производительность. Для охлаждения компрессора применяется охладитель 2, в котором жидкость из компрессора по трубопроводу системы охлаждения 11 проходит через охладитель, где охлаждается, затем возвращается в компрессор для отбора ещё одной порции тепла. Циркуляция жидкости в системе охлаждения происходит за счёт циркуляционного насоса 4. Замеры температуры при выходе жидкости из компрессора и при выходе жидкости из теплообменника происходят датчиком температуры. Это необходимо для того, чтобы знать, какая температура жидкости выходит из компрессора и какая температура выходит из теплообменника [5].

Ещё немаловажный фактор при работе компрессора – это смазка трущихся деталей. Она необходима для того, чтобы поршень при работе не заклинивал. Циркуляция смазки происходит по масляному трубопроводу 8. При циркуляции масло проходя через компрессор, в этот период масло забирает на себя влагу, в его составе появляются механические примеси и для этого предусмотрены фильтр 6, масловодоотделитель 5 и масляный картер 7.

В вышеприведённой схеме жидкость, забирающая тепло у компрессора, охлаждалась посредством обдува воздухом самого охладителя. Рассмотрим схему, где тепло, выделяемое компрессором, утилизируется рекуперативным теплообменником.

Схема установки работает в точности как предыдущая, но во 2-й схеме вместо охладителя стоит теплообменник, предназначенный для утилизации тепла. Также присутствует трубопровод 17, по которому происходит подача теплоносителя потребителю. В данной схеме вместо того, чтобы охлаждать жидкость, выходящую из компрессора, применяется рекуперативный теплообменник, в котором происходит передача тепла от одной среды другой, тем самым происходит не просто охлаждение среды, но и передача тепла другой среды. Это предоставляет возможность использовать тепло для нагрева воды, применяемой для собственных нужд КС [5].

Используемая в эксперименте аппаратура

При проведении эксперимента были применены расходомеры для отслеживания объёма потока теплоносителя в первом и во втором контуре. Так же применялся электронный термометр, подключенный к вычислителю, считывающий температуры с критических 4 точек.

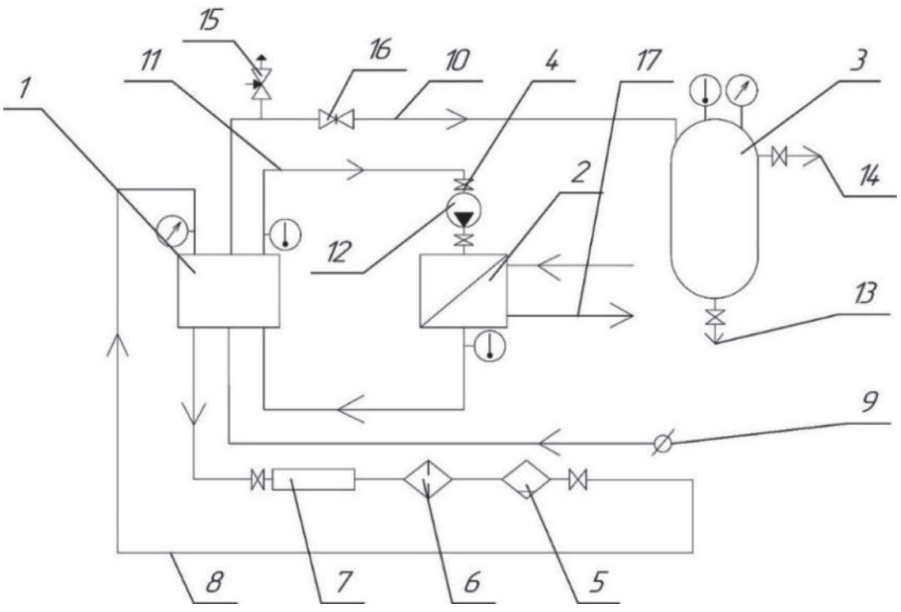


Рис. 2. Схема поршневого компрессора с рекуперацией теплоносителя: 2 – рекуперативный теплообменник; 17 – выход теплоносителя ГВС

Передача тепла

Величина	Время работы, мин	Значение для греющей воды	Значение для нагреваемой воды
Расход воды, кг/с	5	0,30	0,15
	10	0,30	0,15
	15	0,30	0,15
	20	0,30	0,15
	25	0,30	0,15
	30	0,30	0,15
	35	0,30	0,15
	40	0,30	0,15
	45	0,30	0,15
	50	0,30	0,15
	55	0,30	0,15
	60	0,30	0,15
Температура воды на входе, °С	5	15	15
	10	23	15
	15	31	15
	20	38	15
	25	45	15
	30	53	15
	35	61	15
	40	68	15
	45	76	15
	50	90	15
	55	90	15
	60	90	15
Температура воды на выходе, °С	5	15	0
	10	23	0
	15	31	0
	20	38	0
	25	45	0
	30	53	0
	35	61	0
	40	68	0
	45	76	0
	50	90	0
	55	74	46
	60	74	46

Результаты исследования и их обсуждение

При работе установки теплогреющей среды тепло передаётся через рекуперативный теплообменник нагреваемой среды, передачу тепла мы можем наблюдать в таблице и на рис. 3–4.

В таблице и на рис. 3–4 мы видим, что начальная температура жидкости для греющей среды и для нагреваемой среды равна 15 °С. Далее была запущена установка, и температура на входе в теплообменник для греющей воды начала расти с 15 °С, а температура на входе в теплообменник для нагреваемой воды оставалась равной 15 °С, так как был закрыт кран для нагреваемой воды. Это необходимо для того, чтобы компрессор нагрелся до своей рабочей температуры за короткий промежуток времени. Через 50 минут температура на входе в теплообменник для нагреваемой воды достигла 90 °С и был открыт кран для нагреваемой воды и после этого в теплообменнике начался процесс рекуперации. Далее температура на выходе из теплообменника для нагреваемой воды стала составлять 46 °С. Опыт проводился ещё 10 минут.

Выводы

В ходе проведённых исследований было установлено следующее:

1. Снятое с компрессора тепло передаётся от одной среды к другой, подогревая её, тем самым достигается более высокий эксергетический КПД всей установки.

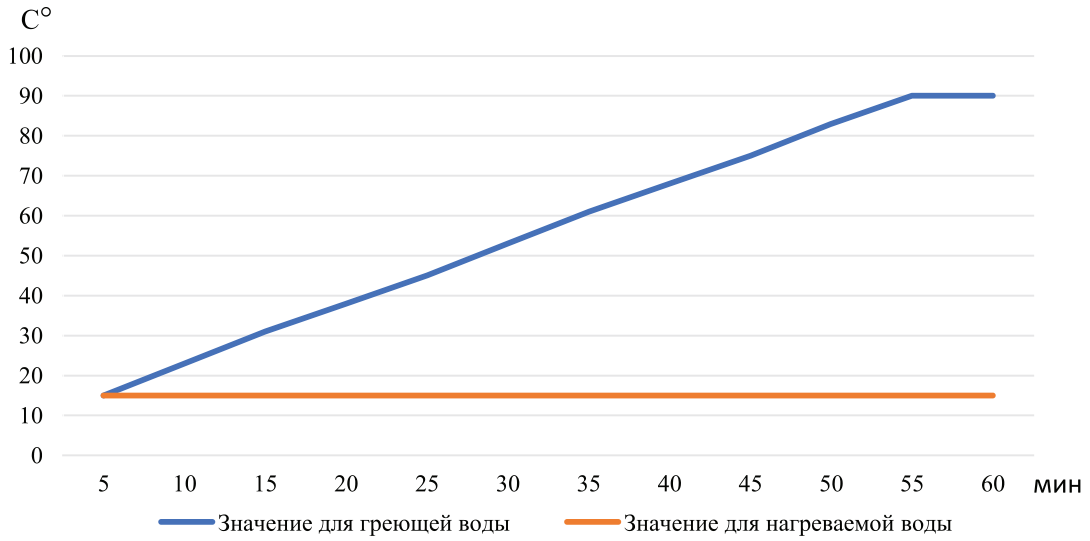


Рис. 3. Температура воды на входе

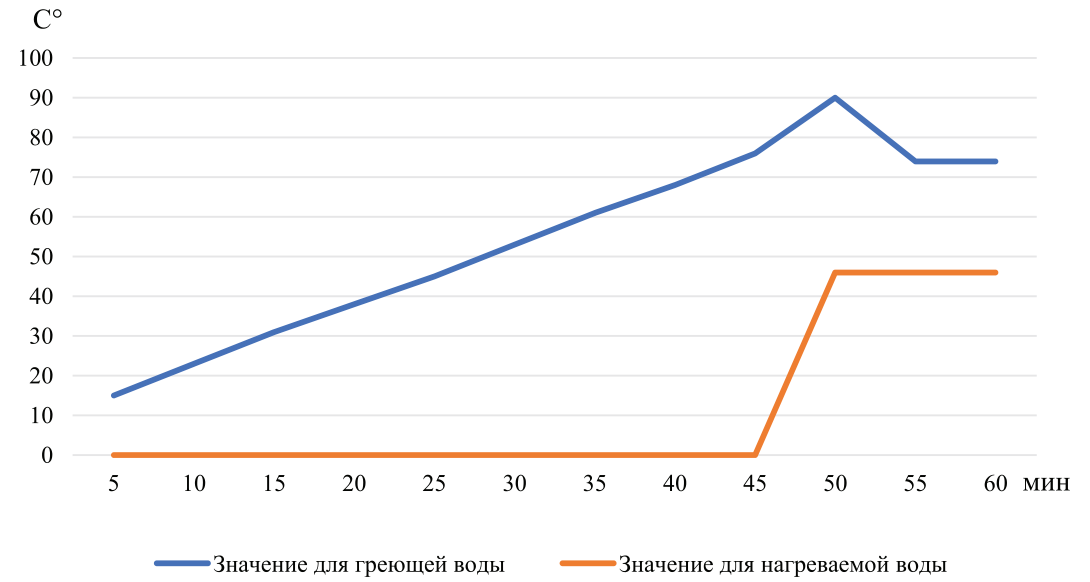


Рис. 4. Температура воды на выходе

2. Отведённое тепло может использоваться как источник подогрева воды, применяемой для собственных нужд КС.

3. Использование отводимого тепла возможно для подогрева воды ГВС, что позволяет добиться снижения расхода топлива.

Список литературы

1. Определение потребности в сжатом воздухе и расчет показателей компрессора: методическое пособие по курсу «Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях» / Н.В. Калинин [и др.]. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 48 с.

2. Ефимов А.Ю. Анализ и оценка проблем систем горячего водоснабжения / А.Ю. Ефимов, В.А. Марков // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвузовский сборник научных трудов. – Саранск, 2016. – 173 с.

3. Кузнецов Ю.В. Поршневые компрессоры / Ю.В. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов, А.А. Березий // Сжатый воздух. – Екатеринбург, 2012. – 552 с.

4. Парамонов А.М. Системы воздухоснабжения предприятий / А.М. Парамонов, А.П. Стариков. – СПб.: Лань, 2011. – 151 с.

5. Технологические энергоносители и энергосистемы промышленных предприятий: методическое пособие / Н.В. Калинин [и др.]. – М.: Изд-во МЭИ, 2010. – 32 с.

УДК 519.768

УРАВНЕНИЯ, ОПЕРАТОРЫ В ПРОСТРАНСТВАХ ПРОГРАММ И ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ

Казиев В.М., Казиева Б.В., Кодзоков А.Х., Нагоров А.Л.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: yka@kbsu.ru

В работе исследуются некоторые формально-математические операторы и операторные уравнения над пространством программ, которые полезны при построении и изучении формальных семейств программ, их верификации. Исследована также проблема релевантности и сложности программных систем. Исследованы операторы минимизации по числу операндов, операторов, времени программирования программы, показаны их функциональные свойства (с точки зрения математического функционального анализа). Исследованы существование и единственность неподвижной точки операторов, их линейность, однородность, монотонность, обратимость. Рассмотрен как реальный объем, так и граничный объем программы (без учета конкретного языка программирования). Системно исследуются проблемы сложности программ. Сложность бывает различного типа и форм, но в работе нас интересуют больше формы. В частности, программы, представимые графом (орграфом), деревом и вектор-функцией. В зависимости от глобальности используемых переменных проводится соответствующий анализ. В последнем случае длина определяется количеством глобальных переменных, а сложность программы оцениваем суммой его компонент. Аксиоматизирована сложность (согласно общей теории систем), приведен поучительный дидактический пример. Результаты помогут формализовать, построить оценочную систему программ, провести их верификацию, повысить релевантность, снизить сложность программ.

Ключевые слова: программа, пространства программ, метрики, меры, операторы, уравнения, релевантность, сложность, программирование

THE EQUATIONS, OPERATORS IN PROGRAMS SPACES AND COMPLEXITY ASSESSMENT

Kaziev V.M., Kazieva B.V., Kodzokov A.Kh., Nagorov A.L.

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Kabardino-Balkaria State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: yka@kbsu.ru

In the work some formal mathematical operators and the operator equations in programs sets are probed. It is useful in case of creation and a research of the formal programs therefore it is researched their properties. Also a problem of complexity of programs and solutions of the program equations are probed. Operators of minimization on quantity of operands, operators, time of programming of the program is probed, their functional properties are studied (from the point of view of the mathematical functional analysis). Existence and uniqueness of a stationary point of operators, their linearity, homogeneity, a monotonicity are probed. We consider the actual volume and boundary volume of the program without communications with a certain programming language. Are systemically researched a problem of complexity of programs. The complexity happens different type, different form, but in article we are interested only in the form. In particular, programs which are representation the oriented graph, a tree and vectorial function. Depending on the variables used in the program the appropriate analysis is made. In the latter case length is determined by quantity of global variables, and we estimate complexity of the program as the amount of its components. The complexity of programs is set by axioms (according to the general systems theory), the effective didactic example is this. Results will help to formalize, construct the system of assessment of programs, to execute their check, to increase relevance, to reduce complexity of programs.

Keywords: program, spaces of programs, metrics, measures, operators, equations, relevance, complexity, programming

В работе исследуются некоторые операторы и операторные уравнения в пространстве программ, которые полезны при построении и изучении формальных семейств программ, верификации, оценки их сложности.

В [1, с. 14] рассмотрены некоторые операторные уравнения $A(x) = y$ в пространстве программ M над алфавитами X и Y, $M(P_i)$, $i = 1, 2,\ldots$ – множество программ которые реализуют одну задачу P_i, введены понятия сходимости, на базе которых рассмотрены операторы минимизации Ad, Af, At по числу операндов $d(x)$, операторов $f(x)$, времени программирования $t(x)$ программы x, соответственно, с критериями: $Ad(x) = y$, $\forall z \in P$: $d(y) \le d(z)$; $Af(x) = y$, $\forall z \in P$: $f(y) \le f(z)$; $At(x) = y$, $\forall z \in P$: $t(y) \le t(z)$. Но необходимая в теоретическом аспекте проблема исследования разрешимости операторных уравнений над пространствами программ не была исследована. Цель данной работы – исследовать разрешимость таких уравнений. Применяются методы функционального анализа, операторов сжатия и др. Рассматриваются и практические характеристики операторных уравнений, например оцениваются время, длина, сложность, устойчивость и другие. Методами системного анализа проведена аксиоматизация меры сложности модулей.

Время оцениваемо различными способами [2, с. 80], например по Холстеду:

$$t(y) = (Nf(y)\log_2 d(y)\log_2(d(y) + f(y))) / (2S),$$

$N = f(y)\log_2 f(y) + d(y)\log_2 d(y)$ – длина программы, S – число Страуда.

Продемонстрируем действие At на фрагменте программы решения $ax^2 + bx + c = 0$ (ищем действительные корни, описания, оптимальность не акцентируется):

```
read(a, b, c); d:=sqr(b)–4*a*c;
if (d<0) then write('нет корней')
        else begin
                x1:=(–b + sqrt(d) ) / (2*a); x2:=(–b – sqrt(d)) / (2*a);
                if (d=0) then write('кратный корень x=',x1)
    else write('корни x1=', x1,', x2=', x2)
            end;
```

Итак, количество операндов равно *14* (*a, b, c, d, 2, 0, 4, x, x1, x2* и четыре текста вывода); количество типов операторов – *16* («write», «read», «if – then – else», «:=», «/», «*», «–», «+», «<», «=», «sqr», «sqrt», «()», «;», «begin», «end»). При среднем значении *S=18* (обычно $3 < S < 25$) получаем $t \approx 972$ сек.

Заменяя все вхождения не входных-выходных переменных *d, x, x1, x2* на соответствующие выражения, получим

```
read(a, b, c);
if (sqr(b) – 4*a*c < 0) then write('корней нет') else begin
   if (sqr(b) – 4*a*c = 0) then write('кратный корень=',–b/(2*a))
   else if (sqr(b) – 4*a*c > 0) then
   write('x1=',(–b–sqrt(sqr(b)–4*a*c))/(2*a),'x2=',(–b+sqrt(sqr(b)–4*a*c))/(2*a));
end;
```

Для 16 операторов, 8 операндов, фиксируем новое время t = 538 сек. Время уменьшилось почти вдвое. Можно далее «вывести из программы» оператор sqr, вводя оператор D:= b*b–4*a*c; и уменьшить еще несколько время. Но оптимальный вариант программы, естественно, – по оптимальному алгоритму. В этой простой задаче можно предложить вариант, в котором используется основной блок вида:

```
if (sqr(b) – 4*a*c < 0) then write('нет корней')
  else if (sqr(b) – 4*a*c = 0)
   then write('кратный корень x=',–b/(2*a)) else begin
     x1:=–b/(2*a); x2:=x1*x1–c/a;
     if(x2>0) then begin
       x2:=sqrt(x2); x1:=x1–x2; x2:=x1+2*x2; write('x1=',x1,'x2=',x2)
end;
```

Затрачено меньше операций и операндов, чем в классическом алгоритме. И, хотя время уже уменьшилось лишь немного (до 455 сек), отметим, что «сэкономлены» наиболее длительные (с точки зрения микропрограммной реализации) операции – вычитание, вычисление корня, умножение.

Пространства программ, операторы над ними и их свойства

Рассмотрим множество программ M с несовпадающими входными множествами, например, решающих одну задачу различными методами. В пространстве X элементов $x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ вводится метрика

$$\rho(x, y) = \sum_{i,j=1}^{n} r_{ij},$$

n – количество модулей в x, y, r_{ij} – веса дуг орграфа $G = \left\langle \left\{ (x_i, x_j) \right\}, \left\{ r_{ij} \right\} \right\rangle$.

Разобьем M на M_1, M_2,…, $M_i \neq \emptyset$, $M_i \cap M_j = \emptyset$, чтобы в каждое подмножество попали программы, рассматриваемые (разрабатываемые) одинаковым методом. На множестве M^* оптимальных, минимизированных по вышеприведенным критериям программ на M_i, $i = 1, 2, \ldots$ выберем некоторую оптимальную по рассматриваемому параметру (длина, время, объем, полнота тестирования, сложность, устойчивость и др.) программу.

Рассмотрим вопрос о существовании и единственности неподвижной точки. Для оператора *Ad* (*Af*, *At*) она существует. Действительно, для любой программы *x* можно составить последовательность программ $X_{i+1} = A(X_i)$, $X_0 = X$, $i = 1, 2,\ldots$, тогда для любого *i* выполняется условие

$$d(x_i) \geq d(x_{i+1}) \left(f(x_i) \geq f(x_{i+1}), t(x_i) \geq t(x_{i+1})\right),$$

но функция $d(x)$ ($f(x)$, $t(x)$) ограничена снизу нулем. Следовательно,

$$\exists n, \forall i \geq n : d(x_i) = d(x_{i+1}) \left(f(x_i) = f(x_{i+1}), t(x_i) = t(x_{i+1})\right),$$

т.е. $A(x_n) = x_n$ и x_n – неподвижная точка.

Реальный объем программы *V* – количество информации (бит), необходимое для записи программы на выбранном языке программирования. Минимальный объем программы V_i – минимальное количество информации (бит), необходимое для записи программы без учета конкретного языка программирования. Очевидно, $V_l = \min V$, где $\{L\}$ – множество языков программирования. Если реальный объем равен минимальному объему (количество операндов равно количеству входных-выходных переменных и количество типов операторов равно двум – существующая, реализующая цель программы и присваивания результатов функции выходным переменным), то стационарная точка существует (данная программа минимальна по *f* и по *d*).

Рассмотрим случай, когда реальный объем больше минимального. Выберем множество P_m из *P* такое, что для любой программы из P_m при любом уменьшении количества операндов увеличивается количество типов операторов и, наоборот, при уменьшении количества типов операторов увеличивается количество операндов. Докажем, что такое непустое P_m существует.

Пусть A^1 – уменьшение операндов программы на единицу, а A^2 – уменьшение типов операторов программы на единицу. Процедура действия оператора A^1: выбираем переменную, которая не является входной-выходной, находим ее значение (текущее значение переменной – «формулу») и заменяем все вхождения переменной-операнда на ее выражение. Процедура действия A^2: если возможно, выражаем выбранный оператор через остальные используемые операторы и переменные, затем подставляем найденное выражение вместо выбранного оператора, если это невозможно – конец.

Для программы $x \in P$ составим последовательность $\{x_i\}$: $x_{i+1} = A(x_i)$, $x_0 = x$. Так как $d(x_i)$ убывает и $d(x_i)$ ограничено снизу, то $\{x_i\}$ сходится к некоторой программе *X*. Объединим такие программы *X* во множество *P** (оно не пустое, оператор A^1 существует для любого x_i). Для программы $y \in P^*$ составим последовательность $\{y_i\}$: $y_{i+1} = A^2(y_i)$, $y_0 = y$. Так как $f(y_i)$ убывает и $f(y_i)$ ограничено снизу, то $\{y_i\}$ сходится к некоторой программе *Y*. Объединение таких программ во множество и есть множество P_m. Конструктивное построение P_m и A^2 для любой программы y_i дает, что множества не пусты. Теперь P_m принадлежит *P* и для любого *x* и *P*: $A(x) = y$, где $y \in P_m$, т.е. $P_m = inf P_m$ из определений A^1, A^2, P_m.

Рассмотрим уравнение $A(x) = y$ и функцию $V(x)$ получения какой-либо характеристики программы x. Следовательно, $V(y)$ ограничено (снизу – нулем, сверху – $V(x)$), как и оператор *A*. Если вход-выход постоянен (для любых программ *x*, *y* из любого *D* входного множества $x(D) = y(D)$), то оператор А монотонен, так как в этом случае $A(x) = A(y)$. Иначе, например, если используются различные алгоритмы, то оператор *A* – не монотонен.

Оператор линейный по функции (цели), нелинейный по структуре: $A(x + y) = A(x) + A(y)$, $A(B(x)) = B(A(x))$. Если фрагмент N_i принадлежит и *x*, и *y*, то в программе $A(x + y)$ он присутствует только один раз, а в программе $A(x) + A(y)$ два раза (в $A(x)$ и в $A(y)$).

Обратный оператор не существует. Корректность, надежность, структурированность, тестируемость и другие параметры программы зависят от сложности программы. Она определяется различными способами. Если Ac_j – оператор минимизации сложности программы, то $Ac_j(z) = Bc_j(z)$ означает, что по критерию C_j результаты действия операторов Ac_j и Bc_j на программу *z* одинаковы, т.е. $C_j(Ac_j(z)) = C_j(Bc_j(z))$.

Если оператор А – монотонный, отображает полную структуру программ *P* в себя, то существует его неподвижная точка *a:* $A(a) = a$.

Действительно, $B = \{b : b \in P, b \leq A(b)\} \neq \emptyset$ в силу полноты (существования нуля из *B*). Следовательно, $\exists a = \sup B$, $\forall b \in P$: $A(a) \geq A(b) \geq b$, поэтому $A(A(a)) \geq A(a)$. Отсюда, $A(a) \in P$, $a \geq A(a)$. Из последних неравенств: $A(a) = a$.

Сложность программ (программных структур) и ее оценка

Сложность системы может быть различного типа и формы, но нас в работе интересуют больше формы.

Представление в форме орграфа. Представим логическую схему программы орграфом: вершины – модули, ребра – их связи, $C_1(x)$ – сложность программы, которую примем равной количеству ребер орграфа. Введем оператор Ac_1: $Ac_1(x) = y$, если для любого z из P: $C_1(y) = C_1(z)$.

Любую программу можно структурировать (например, [3, с. 1]), поэтому оператор Ac_1 существует. Он единственен: для C_1 – оптимальной программы x нет модулей с одинаковыми целями, все связи между модулями необходимы и их минимальное количество, т.е. $C_1(x) = \min C_1(y)$, $y \in P$. Поэтому $Ac_1(x) = x$ и неподвижная точка существует.

Сложность структурированной программы меньше сложности неструктурированной, которая не может быть больше максимального количества связей: $C_1 \le \left(N^2 + N\right)/2$, где N – количество модулей в программе. Следовательно, оператор Ac_1 ограничен. Оператор Ac_1 монотонен – для множества программ P результат действия оператора – одна программа. Оператор Ac_1 нелинейный, условие $Ac_1(x + y) = Ac_1 + Ac_1(y)$ не выполняется: если фрагмент N_i принадлежит и программе x и программе y, тогда в программе $Ac_1(x + y)$ он присутствует только один раз, а в программе $Ac_1(x) + Ac_1(y)$ два раза (в $Ac_1(x)$ и в $Ac_1(y)$).

Обратный оператор существует, но не однозначен, достаточно ввести в C_1 – оптимальную программу модуль-«заглушку» и рассмотреть программу z_i, вызывающую новый модуль, тогда $A_i^{-1}\left(z\right) = z_i$, но и $A_i^{-1}\left(z\right) = z$, так как $A_i(z) = z$ и $A_i(z_i) = z$.

Критерий C_1 и Ac_1 лучше использовать при сложных взаимосвязях модулей, в многомодульных программах.

Представление в форме дерева. Пусть в программе N модулей и S связей, тогда минимальное количество связей модулей равно $N - 1$. Введем сложность $C_2(x)$ как относительную разницу реального и минимального количества связей: $C_2(x) = (S - N + 1)/(N - 1)$ и оператор минимизации сложности Ac_2: $Ac_2(x) = y$, $\forall z \in P$: $C_2(y) \le C_2(z)$. Оператор Ac_2 приводит структуру программы к древовидному виду. Для согласования связей возможно введение новых модулей.

Возьмем произвольную программу x, подействуем Ac_2, получим $y = Ac_2(x)$ – программу с древовидной структурой. Тогда $y = Ac_2(y)$ и программа y – стационарная точка оператора Ac_2. Для любой программы x $C_2(Ac_2(x)) = 0$, поэтому оператор ограничен снизу нулем; сверху ограничен значением $C_2(x)$ и, следовательно, оператор Ac_2 ограничен. Для любой программы x из множества программ P, достигающих одну цель, результат действия оператора Ac_2 – одна программа, и если $z \in P$, $y = Ac_2(z)$, то тогда $\forall x \in P$: $y = Ac_2(x)$.

Оператор Ac_2 линеен, имеет обратный оператор, но он не однозначный. Критерий C_2, оператор Ac_2 эффективны, когда программа небольшая, необходимо вводить новые модули, она подвержена частым модификациям, содержит сложную обработку данных при сравнительно простых логических связях модулей.

Представление вектор-функцией. Положим $B_{ik} = 1$, если в i-м модуле определяется (используется) k-я глобальная переменная; иначе – $B_{ik} = 0$. Обозначим $F(x)$ – вектор сложности программы, вектор-функция, длина которой равна количеству глобальных переменных. Пусть $F(x)_k$ равно сумме B_{ik} по всем i. Сложность программы $C_3(x)$ оценим суммой $F(x)_k$ по всем k. Введем такой оператор Ac_3, что $Ac_3(x) = y$ и $\forall z \in P$: $C_3(y) \le C_3(z)$.

Существование, ограниченность оператора Ac_3 следует из принципов ООП, причем $\forall x, y \in P$: $C_3(x) \le C_3(y)$ получим: $C_3(Ac_3(x)) = 0$, $C_3(Ac_3(y)) = 0$, $C_3(Ac_3(x)) \le C_3(Ac_3(y))$. Оператор – линейный, обратимый (не однозначно). Критерий C_3 лучше использовать для написания программ на процедурных языках, он показывает, как хорошо задействованы языковые возможности структурирования программ. У хороших программ $C_3(x)$ равно примерно $3v$, где v – количество глобальных переменных. В объектно-ориентированных языках программирования применение C_3 не имеет смысла: почти все программы по нему оптимальны.

Две программы – эквивалентны (пока без уточнения – функционально или структурно, в общем, – по цели), если у них одинаковые цели, элементы, структура, а также можно конструктивно установить отношение «релевантности» (строго говоря, эквивалентности). Процедура выбора определяет на множестве M бинарное отношение типа «релевантность» (обозначим ≈). Можно распространить локальное отношение «релевантность» на всё многообразие M. Оно удовлетворяет свойствам (аксиомам) рефлексивности, симметричности, транзитивности, однозначности (две программы одинаковые по цели, результату – релевантны), непрерывности (мало отличающиеся по цели, структуре программы, незначительно отличаются по релевантности).

Для построения «дерева релевантности» можно применить следующую процедуру. Входные данные: непустые множества – программ P, буфер B, пустой изначально путь в дереве D (список). Процедура:

repeat
удаление из P программ, не отвечающих критериям релевантности D, помещая их в B;
добавление в P и удаление из В программ, удовлетворяющих D;
if($D \neq \emptyset$) *then if* (значения последнего атрибута в D обработаны)
then изменить в D значение последнего параметра следующим
else удалить последний атрибут из D;
if (все программы из одного класса)
then добавить к D лист, содержащий идентификатор класса;
else определяется атрибут с наименьшей мерой релевантности;
добавить в D значение, наилучшее по релевантности;
until ($D = \emptyset$).

Метрик программ – много [4, с. 53]. Их можно разбить на классы:

- по сложности (например, информационной, структурной);
- надежности (устойчивые, самовосстанавливающиеся и др.);
- производительности программы;
- производительности программирования [5, с. 162];
- уровню языка (микрооперации, высокого уровня, запросов и др.);
- модифицируемости (кросс-платформенности, модульности) и др.

Часто рассматриваются меры, базирующиеся на понятии цели, например мера А. Харкевича (причинно-следственной обусловленности): если p_o, p_1 – вероятности достижения критерия до и после получения информации о состоянии системы, то $E = k\left(log_2 p_1 - log_2 p_0\right)$. Применимы также общесистемные меры Н. Моисеева (мера релевантного управления), меры, учитывающие привлекаемые ресурсы типа Шеннона – Уивера, Маргалефа, Симпсона, Макинтоша и др. Широко применимы и проблемно-ориентированные меры – метрики Холстеда, Джилба, Майерса и др.

Метрики «опасны», как любая статистика по данным, распределение которых априори неизвестно полностью. Сотни метрик – разнородные, оценивают ПО, условия разработки, отклонения от норм, спецификаций и др. Наиболее важными являются метрики сложности (информационной, структурной, верификационной, языковой, прогнозной).

Аксиоматизация меры m сложности модульных структур $M = \{M_i : i = 1,2,\ldots,n\}$ может быть проведена на основе аксиом, аналогичных общесистемным, общефункциональным [6, с. 132]:

1) неотрицательность вводимой меры –

$$\forall i = 1,2,\ldots,n : m\left(M_i\right) \geq 0;$$

2) существование программы с нулевой мерой –

$$\exists M_0 \subset M, m\left(M_0\right) = 0;$$

3) мера программы меньше меры всего комплекса –

$$\forall i = 1,2,\ldots,n : m\left(M_i\right) \leq m\left(M\right);$$

4) мера параллельно выполняемого комплекса –

$$m\left(\oplus_{i=1}^{n} M_i\right) = \max m\left(M_i\right);$$

5) мера последовательно выполняемого комплекса –

$$m\left(\otimes_{i=1}^{n} M_i\right) \leq \sum_{i=1}^{n} m\left(M_i\right);$$

6) мера сложности вызова модуля –

$$m\left(M_1 \to M_2\right) \geq m\left(M_1 \oplus M_2\right) - m\left(M_1\right) - m\left(M_2\right),$$

где $M_1 \to M_2$ – вызов модулем M_1 модуля M_2.

Выводы

В работе получены математические результаты (существование, единственность, релевантность, сложность), которые помогут формализовать и структурировать оценочную систему в программировании, провести верификацию, повысить релевантность и снизить алгоритмическую сложность программ. Метрическая теория программ – инструментарий практического исследования метрических качеств программ, верификации программ. Проведена аксиоматизация формальной сложности

программ. Она может быть использована при построении формальной теории оценивания сложности программ в соответствующих пространствах программ.

Список литературы

1. Оптимизация программ и «отладочные» уравнения в метрических пространствах / З.О. Бесланеев [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 5. – С. 13–17.

2. Вареница В.В. Проблема вычисления метрик сложности программного обеспечения при проведении аудита безопасности кода методом ручного рецензирования / В.В. Вареница // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, сер. «Приборостроение». – 2011. – С. 79–84.

3. Азаров А.В., Рыбанов А.А. Автоматизированная система расчета метрических характеристик физической схемы базы данных с целью оценки трудоемкости процесса проектирования // Современная техника и технологии. – 2014. – № 5. URL: http://technology.snauka.ru/2014/05/3812 (дата обращения: 05.05.2018).

4. Кайгородцев Г.И. Введение в курс метрической теории и метрологии программ. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2011. – 192 с.

5. Подловченко Р.И. Конечные автоматы в теории алгебраических схем программ / Р.И. Подловченко // Труды Института системного программирования РАН. – 2015. – Т. 27, № 2. – С. 161–172.

6. Треногин В.А. Функциональный анализ: в 2 т. (учебное пособие для вузов) / В.А. Треногин, Б.М. Писаревский, Т.С. Соболева. – М.: Академия, 2013. – Т. 2. – 231 с.

УДК 004.94:621.833

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПНОЙ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

Каменев С.В., Марусич К.В.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: kamenev_sergey@mail.ru

Растущая потребность в точных и надежных позиционирующих устройствах в различных областях техники определяет увеличение спроса на волновые зубчатые передачи. Волновые передачи представляют собой относительно новый вид механизма, имеющий неоспоримые преимущества по сравнению с традиционными механическими передачами. Однако они имеют и ряд недостатков, в связи с чем в настоящее время не прекращаются исследования, направленные на совершенствование их конструкций. Их неотъемлемой составляющей является математическое моделирование, выполняемое различными методами. В данной статье рассматривается методика моделирования альтернативной конструкции волновой зубчатой передачи, в которой вместо гибкого зубчатого колеса используется роликовая цепь. Методика основана на представлении компонентов передачи в виде многотельной механической системы программными средствами автоматизированной системы «Siemens NX». Реализация методики включает в себя построение параметрической сборочной CAD-модели передачи и ее последующее преобразование в модель для симуляции движения (многотельную систему). Полученная симуляционная модель используется для синтеза окончательной геометрии передачи путем решения обратной кинематической задачи. На его основе производится коррекция модели и выполняется проверочный кинематический анализ передачи. Результаты этого анализа позволяют сделать вывод об эффективности предложенного подхода к проектированию цепных волновых передач.

Ключевые слова: волновая передача, роликовая цепь, моделирование, многотельная система, симуляция движения

AUTOMATED MODELLING OF CHAIN HARMONIC DRIVE

Kamenev S.V., Marusich K.V.

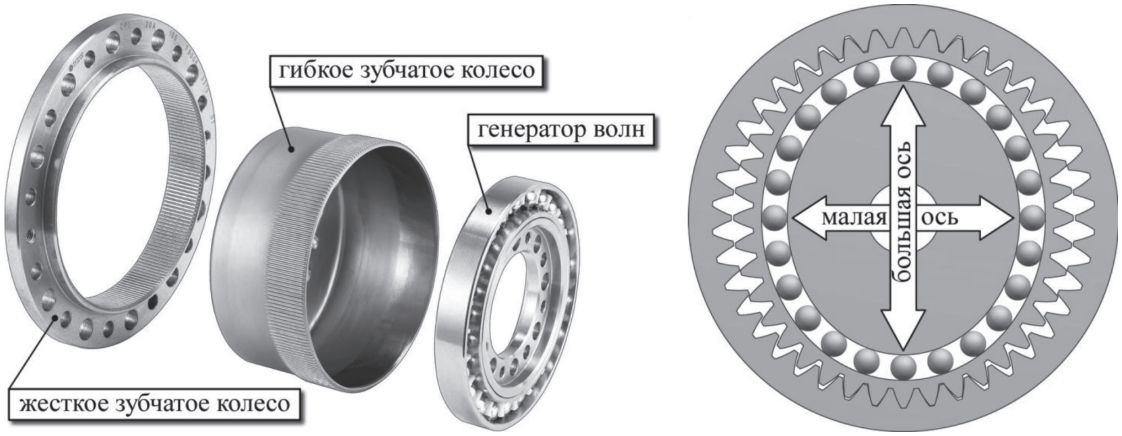
Orenburg State University, Orenburg, e-mail: kamenev_sergey@mail.ru

The growing demand for accurate and reliable positioning devices in various technological fields defines the increasing use of harmonic drives. Harmonic drives represent a relatively new type of mechanism that has the obvious advantages over conventional mechanical drives. However, they also have a number of weaknesses that is cause for the continuing researches aiming to improve their design. Their integral component is a mathematical modelling performed by different methods. In the present article it is considered a method to model the alternative design of harmonic drive where the flexible gear replaced by the roller chain. This method based on the presenting of drive components as a multibody mechanical system by means of the automated system «Siemens NX». Implementation of this method includes the building of parametric assembly model for the drive being considered and the following transformation of the constructed CAD-model to the simulation model (multibody system). The obtained simulation model is used for synthesis of final drive geometry through the solution of the inverse kinematic problem. On its basis the model correction is performed and the verification kinematic analysis is implemented. The results of this analysis allow to conclude that the proposed approach to design of chain harmonic drives has efficiency.

Keywords: harmonic drive, roller chain, modelling, multibody system, motion simulation

Волновая передача, изобретенная американским инженером Уолтоном Массером в 1955 г. преимущественно для использования в аэрокосмической промышленности, представляет собой компактный передаточный механизм с высокой степенью редукции [1]. Главными элементами этого механизма в его типовом варианте являются эллиптический генератор волн, гибкое зубчатое колесо и жесткое зубчатое колесо (рис. 1, а). Генератор волн собирается на основе шарикового подшипника, имеющего жесткую внутреннюю дорожку качения эллиптической формы и гибкую тонкостенную наружную дорожку. Гибкое колесо выглядит как закрытый с одного конца гибкий тонкостенный цилиндр, на внешней стороне обода которого выполнен зубчатый венец. Жесткое колесо является толстостенным металлическим кольцом с зубьями по внутреннему диаметру.

При работе передачи генератор волн упруго деформирует гибкое колесо вдоль большой оси эллипса. Благодаря этому зубья гибкого колеса входят в зацепление с зубьями жесткого колеса в двух зонах на обоих концах эллиптической оси. При этом вдоль малой оси эллиптически деформированного гибкого колеса зацепление отсутствует (рис. 1, б). При вращении генератора зоны зацепления вращаются вместе с ним. Разница в числе зубьев жесткого и гибкого колеса (обычно равная двум) приводит к относительному движению этих колес таким образом, что после каждого полного оборота генератора гибкое колесо поворачивается относительно жесткого колеса на угол, эквивалентный двум зубьям [2].



а) *б)*

Рис. 1. Основные элементы волновой передачи

По сравнению с классическими зубчатыми передачами волновые передачи имеют множество достоинств, основными из которых являются: возможность передачи больших вращающих моментов, компактность и малый вес, нулевой люфт, высокая степень редукции и высокий КПД. К их недостаткам следует отнести относительно небольшую крутильную жесткость, хотя и малую, но практически не устранимую погрешность позиционирования, возможность возникновения резонансных вибраций, а также нелинейные характеристики жесткости и трения, что затрудняет практическое использование подобных передач [3].

Применение волновых передач в различных практических областях всё более расширяется. В настоящее время они используются в автомобильной и аэрокосмической промышленности, медицинской технике, станко- и роботостроении. Исследования, направленные на совершенствование волновых передач, продолжаются уже много лет и ведутся в различных областях. Одной из таких областей является разработка альтернативных конструкций волновых передач, в которых вместо гибкого зубчатого колеса используются различные варианты роликовой цепи, замкнутой вокруг генератора волн [4–6].

Подобные конструкции выгодно отличаются от классической волновой передачи повышенной нагрузочной способностью и расширенным диапазоном передаточных отношений (за счет смещения его нижней границы) [7]. В то же время они характеризуются усложненной конструкцией, построение которой требует синтеза геометрии передачи для обеспечения надлежащих кинематических связей элементов передачи. В силу сложной кинематики цепной волновой передачи этот синтез может представлять собой серьезную проблему, решение которой связано с необходимостью разработки соответствующей математической модели. Данная модель может быть получена различными путями, однако наиболее эффективным из них представляется использование современных компьютерных CAD и CAE-систем.

Объект и средства моделирования

Иллюстрация названного подхода возможна на примере построения концептуальной модели волновой передачи, использующей в качестве гибкого зубчатого колеса стандартную роликовую цепь. Базовыми компонентами передачи являются жесткое зубчатое колесо, роликовая цепь (состоящая из наружных и внутренних звеньев различной геометрии), ведомый диск, а также входной и выходной валы. Взаимодействие этих компонентов рассматривается на основе их представления в виде многотельной механической системы, под которой понимается набор абсолютно жестких тел, связанных между собой неидеальными шарнирами и согласованно перемещающихся в пространстве под действием внешних и внутренних нагрузок [8]. Их моделирование осуществляется в программной среде автоматизированной системы «Siemens NX» с использованием ее CAD-модуля для твердотельного геометрического моделирования и CAE-модуля для моделирования кинематики и динамики многотельных систем (симуляции движения).

Методика моделирования

Моделирование многотельных систем с использованием современных средств инженерного анализа (CAE-систем) предполагает последовательное выполнение ряда этапов, первым из которых выступает построение сборочной геометрической модели рассматриваемой системы (механизма). Поэтому процесс моделирования в данном случае начинается с формирования сборочной модели волновой передачи, включающей в себя твердотельные параметрические модели всех необходимых компонентов.

Его отправной точкой является подготовка параметрической геометрической модели жесткого зубчатого колеса. В силу специфики предлагаемого варианта волновой передачи зубья этого колеса должны иметь круглый профиль, для определения геометрии которого необходимо и достаточно задать в базе данных модели два параметра. Такими параметрами выступают номинальный шаг цепи P и число зубьев колеса Z. Дальнейшая последовательность моделирования выполнена при использовании шага цепи равного 12,7 мм и четного числа зубьев равного 34 штукам. Ввод значений данных параметров в «Siemens NX» осуществляется при помощи специального диалогового окна «Выражения».

Введенные параметры позволяют определить все основные размеры зубчатого колеса аналитическим либо графическим методом. При этом более простым и удобным в данном случае представляется графический метод. Его реализация предполагает создание эскиза, исходная геометрия которого приведена на рис. 2, и представляет собой набор типовых геометрических примитивов, связанных между собой надлежащими геометрическими и размерными зависимостями. Эти зависимости, корректно наложенные на геометрию эскиза в соответствии с рис. 2, однозначно определяют радиус вершин зубьев Ra и радиус зуба колеса Rr (радиус ролика цепи), которые необходимы для построения других компонентов передачи.

Полученные значения указанных размеров в целях удобства их дальнейшего использования сохраняются в соответствующие параметры Ra и Rr. Для этого в «Siemens NX» используется функция определения параметра через интерактивное измерение текущих размеров существующего геометрического элемента, которая доступна в ранее упомянутом окне «Выражения». Для рассматриваемого примера найденные таким способом значения параметров Ra и Rr с учетом округления соответственно составляют 68,821 мм и 3,769 мм.

Далее на основе сгенерированной взаимозависимой геометрии при помощи соответствующих программных инструментов «Siemens NX» формируется полный профиль зубчатого венца в виде непрерывной замкнутой кривой. Данная кривая вместе с добавленной в исходный эскиз окружностью, очерчивающей внешний контур колеса, используется для построения его твердотельной модели с применением операции вытягивания.

На следующем этапе построения сборки формируется геометрическая модель эллиптического кулачка (генератора волн). Для этого, прежде всего, создаются ее параметрические связи с ранее подготовленной моделью зубчатого колеса, т.е. в базе данных модели кулачка объявляются три параметра P, Ra и Rr, значения которых приравниваются к значениям идентичных параметров в модели зубчатого колеса. Данная процедура осуществляется при помощи соответствующих программных инструментов «Siemens NX», доступных в его окне «Выражения». Кроме того, в модель вводится еще один (целочисленный) параметр *n*, задающий количество роликов в цепи (число зубьев гибкого колеса). В рассматриваемом примере количество роликов принято равным 32 штукам.

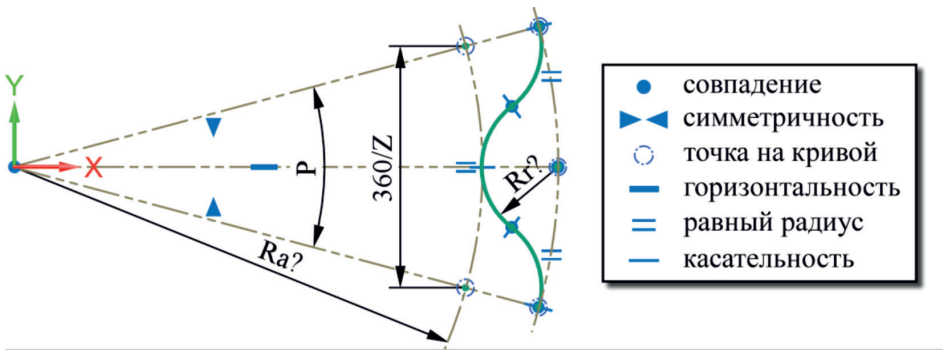


Рис. 2. Построение профиля жесткого зубчатого колеса

Необходимые размеры эллиптического профиля кулачка определяются исходя из следующих условий:

– большая полуось эллипса должна равняться разности радиуса вершин зубьев жесткого колеса (параметр Ra) и радиуса ролика цепи (параметр Rr);

– малая полуось эллипса должна быть такой, чтобы периметр эллипса равнялся периметру окружности, описанной вокруг правильного многоугольника (с числом сторон *n*), полученного эквидистантным смещением (внутрь) многоугольника с размером стороны равным шагу цепи (параметр P).

Точное аналитическое вычисление размера малой полуоси в программной среде «Siemens NX» представляется чрезвычайно затруднительным, так как связано с необходимостью использования эллиптического интеграла. При этом известные приближенные формулы, как показали предварительные построения, дают существенную погрешность размеров кулачка. По этой причине необходимый эллиптический профиль кулачка также формируется графическим методом.

Для этого строится эскиз, содержащий стандартную эллиптическую кривую, положение и ориентация которой фиксируются путем вспомогательных построений. Большой полуоси эллипса назначается размер равный Ra – Rr, после чего размер малой полуоси находится за счет построения необходимого количества вспомогательных окружностей радиуса Rr, связанных между собой геометрическими и размерными зависимостями и касательных к эллиптической кривой. Примерный вид получаемого таким способом эскиза (для четного числа роликов в цепи) приведен на рис. 3.

Необходимые размеры малой и большой полуосей эллипса, полученные в результате выполненных построений для рассматриваемого примера, соответственно составляют 56,845 мм и 65,052 мм. После определения размеров эллипса он преобразуется в твердотельную модель кулачка при помощи операции симметричного вытягивания (эскиз остается в плоскости симметрии кулачка). Для своего завершения эта модель дополняется наложенными элементами в виде цилиндрического посадочного отверстия и фасок на эллиптических и круговых кромках, а затем сохраняется в соответствующий файл.

Далее по ходу построения собираются параметрические модели наружного и внутреннего звеньев цепи, служащие сборочными узлами в модели волновой передачи (рис. 4). Здесь в модель наружного звена включаются модели наружной пластины, валиков (длинного и короткого) и короткого ролика, а в модель внутреннего звена – модели внутренней пластины, втулки и длинного ролика. При этом характерные размеры указанных компонентов связываются параметрическими зависимостями с ранее подготовленными деталями передачи.

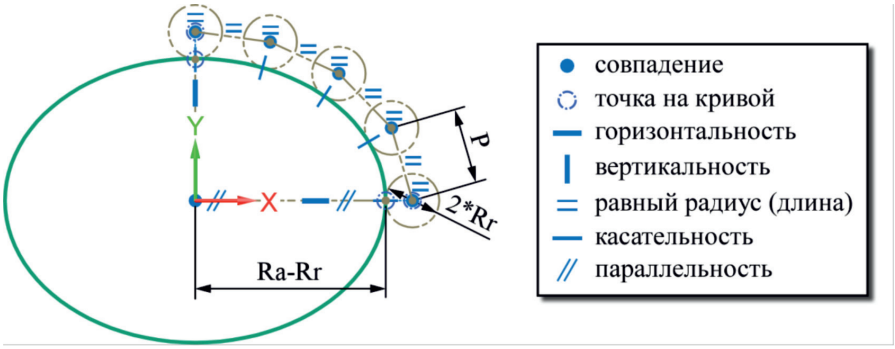


Рис. 3. Построение профиля генератора волн

Рис. 4. Модели наружного и внутреннего звеньев цепи

Передача движения от элементов цепи на выходной вал в рассматриваемом варианте механизма осуществляется через ведомый диск, жестко связанный с выходным валом. Поэтому в качестве следующего компонента сборочной модели волновой передачи формируется геометрическая модель такого диска. Получаемая на данном этапе геометрия диска является предварительной и представляет собой собственно диск с цилиндрическим посадочным отверстием. Это объясняется тем, что окончательная геометрическая конфигурация модели приводного диска синтезируется по результатам расчета на готовой модели движения.

На завершающем этапе подготовки сборочной модели строятся геометрические модели входного и выходного вала, корпуса передачи и крышки этого корпуса. При этом модели валов в данном случае формируются как идентичные друг другу гладкие цилиндры, один из которых (в комплекте с кулачком) будет определять входное звено, а второй (в комплекте с приводным диском) – выходное звено в будущей модели движения. Модели корпуса и крышки, несущие на себе опоры валов, выполняются произвольным образом с учетом возможности обеспечения их геометрической конфигурацией корректного относительного расположения других компонентов.

Полученные геометрические модели компонентов передачи используются для построения ее сборочной модели. Для этого создается файл сборки «Siemens NX» и активируется соответствующая программная среда для работы со сборками, куда последовательно добавляются компоненты модели. При этом необходимое относительное положение компонентов обеспечивается за счет соответствующих зависимостей сборки. Наиболее трудоемкой операцией в данном случае выступает формирование модели цепи, состоящей из отдельных звеньев и замкнутой вокруг эллиптического кулачка.

Завершенная сборочная модель затем преобразуется в модель движения (многотельную систему), для чего активируется один из CAE-модулей «Siemens NX», а именно модуль симуляции движения. Преобразование начинается с ручного определения подвижных и неподвижных звеньев системы (абсолютно жестких тел), в качестве которых рассматриваются компоненты сборки. В единственное неподвижное (заземленное) звено включаются корпус, его крышка и зубчатое колесо. Соответственно, все остальные компоненты модели используются для определения подвижных звеньев в количестве 82 штук. Из них 16 звеньев определяются парой наружных пластин цепи и парой соединяющих их валиков, 16 звеньев – парой внутренних пластин цепи и парой соединяющих их втулок, 48 звеньев – длинными и короткими роликами, 1 звено – кулачком и входным валом и 1 звено – диском и выходным валом. Следует заметить, что в звенья, включающие кулачок и длинные ролики, также включаются эскизы этих деталей (эллиптический и круговой профиль), что требуется для дальнейшего формирования шарниров.

После определения звеньев модели формируются стандартные шарниры между звеньями. В данном случае все стандартные шарниры в модели представлены вращательными шарнирами, которые создаются:

– между парой звеньев, одно из которых включает входной вал, а второе – корпус;

– между парой звеньев, одно из которых включает выходной вал, а второе – крышку корпуса;

– между парами звеньев, одно из которых в каждой паре включает втулку, а второе определяется длинным роликом;

– между парами звеньев, одно из которых в каждой паре включает втулку, а второе – валик;

– между парами звеньев, одно из которых в каждой паре включает длинный валик, а второе определяется коротким роликом.

Итоговое количество вращательных шарниров, сформированных в модели при заданных параметрах, составляет 82 штуки.

Взаимодействие компонентов роликовой цепи с кулачком задается через создание набора нестандартных соединений типа «кривая по кривой», которые представляют собой кинематическую пару, имитирующую кулачковый механизм с роликовым толкателем. При этом в каждой паре для определения направляющей кривой используется эллиптический профиль (исходный эскиз) в средней плоскости кулачка, а для определения перекатываемой кривой – круговой профиль в средней плоскости длинного ролика.

Взаимодействие компонентов цепи с жестким зубчатым колесом обеспечивается за счет создания контактных пар между звеньями, включающими ролики, и звеном, включающим колесо. Непосредственный контакт компонентов цепи с ведомым диском на данном этапе моделирования не определяется.

После создания всех названных соединений производится синтез окончательной геометрии ведомого диска (профилирование пазов под короткие ролики). Для этого,

прежде всего, в текущей модели определяются два привода движения: один во вращательном шарнире между входным валом и корпусом и второй во вращательном шарнире между выходным валом и крышкой корпуса. В первом шарнире задается постоянная скорость вращения, определяемая произвольным значением (в рассматриваемом примере 100 об/мин). Во втором шарнире задается скорость вращения, определяемая произведением скорости первого шарнира на номинальное передаточное отношение волновой передачи, вычисляемое через известное число зубьев колеса и число длинных роликов цепи ((32–34)/32). Соответственно, для рассматриваемого примера скорость во втором шарнире составляет минус 6,25 об/мин.

На основе полученной модели, включающей в себя описанные шарниры и приводы, производится расчет кинематики передачи с последующей анимацией его результатов. Очевидно, что в данном случае необходимая геометрия приводного диска будет определяться траекторией движения оси короткого ролика относительно вращающегося диска. Для определения этой траектории в процессе анимации движения осуществляется трассировка центральных точек торцов коротких роликов, обращенных к модели диска. При этом опорным звеном для создания трассировки выступает диск (связанный с выходным валом).

Выполнение трассировки приводит к созданию наборов точек, каждая из которых соответствует положению рассматриваемого ролика относительно диска на данном шаге решения. Пример результатов трассировки для одного из роликов приведен на рис. 5, а. Как видно на приведенном рисунке, геометрическое место полученных точек с большой долей вероятности представляет собой замкнутую эллиптическую кривую.

В связи с этим для формирования необходимой траектории к полученным точкам применяется доступная в «Siemens NX» функция построения аппроксимированной кривой с активной опцией «Аппроксимированный эллипс». Для повышения точности аппроксимации все трассированные наборы точек (в количестве 16 штук) предварительно сводятся в один набор путем их последовательного углового переноса в произвольно выбранное фиксированное положение.

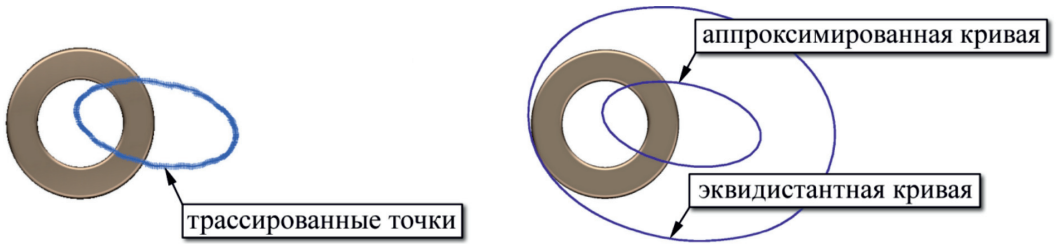
Полученная эллиптическая кривая затем используется для построения эквидистантной кривой, размеры которой определяются величиной нормального смещения точек исходной кривой на величину радиуса короткого ролика. Результаты построения аппроксимированной и эквидистантной кривой для рассматриваемого примера приведены на рис. 5, б. Последняя кривая, собственно, и представляет собой искомый профиль паза, за счет которого обеспечивается зацепление элементов цепи с ведомым диском.

Данный профиль далее используется для создания кругового массива сквозных эллиптических отверстий в твердотельной геометрии ведомого диска. После этого геометрия сборочной модели приводится к своему окончательному виду, показанному на рис. 6.

Для оценки разработанной модели на завершающем этапе моделирования производится проверочный расчет, сводящийся к вычислению угловой скорости выходного вала в зависимости от скорости, заданной на входном вале. В процессе его реализации ранее подготовленная модель движения модифицируется следующим образом:

– удаляется ранее созданный привод во вращательном шарнире между выходным валом и корпусом;

– формируются трехмерные контактные пары между ведомым диском и короткими роликами с фактической реализацией контакта по цилиндрическим граням роликов и эллиптическим граням пазов в диске.



а) *б)*

Рис. 5. Построение профиля направляющего паза в ведомом диске

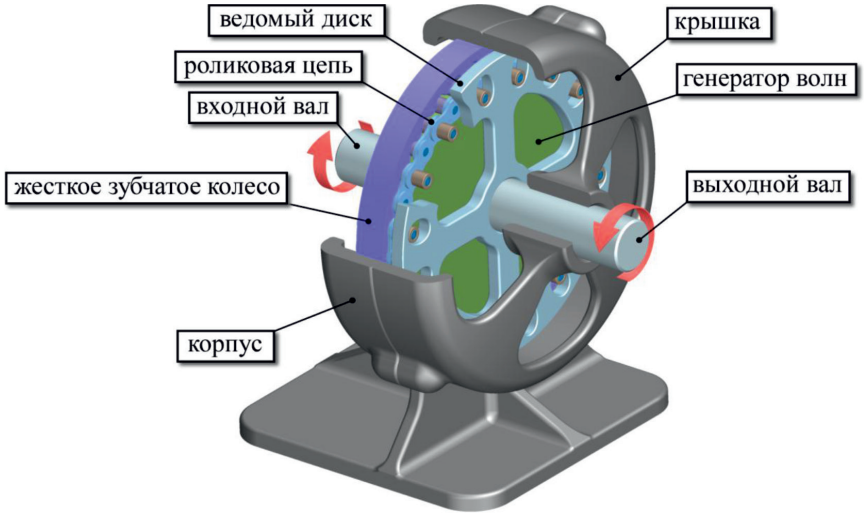


Рис. 6. Сборочная модель цепной волновой передачи

Результаты расчета, полученные с использованием модифицированной модели движения, представлены в виде диаграммы на рис. 7.

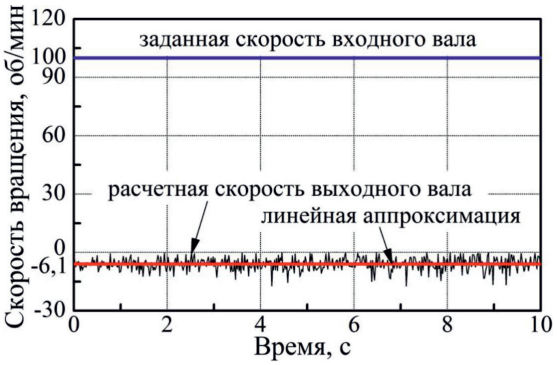


Рис. 7. Изменение скорости вращения входного и выходного валов

Результаты моделирования

На приведенном графике изображено изменение расчетной скорости вращения выходного вала передачи в зависимости от заданной скорости вращения ее входного вала. График показывает, что расчетное значение скорости колеблется около некоторого постоянного значения, что обусловлено особенностями моделирования контактного взаимодействия для отдельных компонентов передачи. Линейная аппроксимация расчетных значений скорости, полученных на каждом шаге решения, позволяет установить величину этого постоянного уровня, равную минус 6,065 об/мин. Следовательно, при номинальной скорости вращения выходного вала, равной 6,25 об/мин, усредненная погрешность расчета составляет около 3 %. Это свидетельствует о корректности разработанной модели и возможности ее использования для расширенного анализа кинематических параметров цепной волновой передачи.

Выводы

Полученные результаты моделирования позволяют сформулировать следующие выводы:

– рассматриваемая концепция цепной волновой передачи характеризуется сложной кинематикой, параметры которой должны обеспечиваться за счет специальной геометрии компонентов передачи;

– параметрическое твердотельное моделирование с использованием CAD-системы позволяет автоматизировать определение основных размеров передачи без проведения трудоемких вычислений и подготовить основу для дальнейшего инженерного анализа;

– симуляция движения передачи с использованием CAE-системы позволяет синтезировать геометрию передачи, форма и размеры которой определяются заданным характером относительного движения компонентов передачи;

– полученная в CAE-системе модель движения, в основе которой лежит понятие многотельной механической системы, позволяет эффективно оценивать кинематические и динамические параметры передачи;

– результаты расчета, полученные с использованием модели движения, могут быть использованы для последующего анализа

напряженно-деформированного состояния передачи с использованием метода конечных элементов, например, на основе методик, изложенных в работах [2, 9, 10].

Список литературы

1. Musser C.W. Breakthrough in Mechanical Drive Design: The Harmonic Drive. Machine Design, 1960, vol. 14. pp. 160–173.

2. Folega P., Siwiec G. Numerical Analysis of Selected Materials for Flexsplines. Archives of Metallurgy and Materials, 2012, vol. 57, no. 1, pp. 185–191, DOI: 10.2478/v10172-012-0008-5.

3. Tuttle T.D. Understanding and Modeling the Behavior of a Harmonic Drive Gear Transmission. Rep. no. 1365. Cambridge: Artificial Intelligence Laboratory, 1992.

4. Waide W.M. Compact Torque-Transmitting Gearbox with High Reduction Ratio. Karem Aircraft, Inc., assignee. Patent US 20140256495A1. 11 Sept. 2014.

5. Пат. 2183294 Российская Федерация, МПК F 16 H 1/00 F 16 H 7/06 F16 H 25/06. Цепная волновая передача / Чиненов С.Г., Чиненова Т.П., Максимов С.П., Путилов Д.А., Ворона В.В.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет». – №2000129377/28; заявл. 23.11.2000; опубл. 10.06.2002, Бюл. № 16.

6. Пат. 2478847 Российская Федерация, МПК F 16 H 1/00. Передача / Барис А.В., Гилета В.П.; заявитель и патентообладатель Барис А.В. – № 2011129134/11; заявл. 13.07.2011; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10. – 10 с.

7. Гилета В П. Цепная волновая передача / В.П. Гилета, А В. Барис // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 5. – С. 84–90.

8. Каменев С.В. Моделирование динамики многотельных систем в производстве машиностроительных изделий / С.В. Каменев, И.М. Целовальников // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. – Оренбург: ИПК ОГУ, 2017. – С. 439–443.

9. Ostapski W. Analysis of the stress state in the harmonic drive generator-flexspline system in relation to selected structural parameters and manufacturing deviations. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences, 2010, vol. 58, no. 4, pp. 683–698, DOI: 10.2478/v10175-010-0073-8.

10. Dong H., Zhu Z., Zhou W., Chen Z. Dynamic Simulation of Harmonic Gear Drives Considering Tooth Profiles Parameters Optimization. Journal of Computers, 2012, vol. 7, no. 6, pp. 1429–1436.

УДК 004.9:66.041

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ПЛАВКИ В ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

Костюкова А.П.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: ktp@ufanet.ru

Актуальность рассматриваемого материала определяется требованиями надежности и предотвращения аварийных ситуаций, возникающих при плавке металлов и сплавов. В статье объектом исследования является расплав металла, который подвергается технологическому процессу плавки в индукционной тигельной печи (ИТП). При этом особое внимание уделяется построению единого информационного пространства, позволяющего реализовывать мониторинг процесса плавки. Металл как объект исследования характеризуется рядом параметров, определяющих его реологическое состояние – это электропроводность, плотность и вязкость. Применение контактных датчиков по условиям рабочей среды невозможно, поэтому оценка состояния расплава возможна только бесконтактным способом. Приводится процесс обработки информативных данных на этапах анализа и распознавания термографических изображений. Поскольку реологические параметры металла зависят от температуры, то именно этот параметр. рекомендуется использовать для определения этапа технологического процесса плавки металла для мониторинга состояния расплава. Оценивание основных свойств выполняется с использованием среднего значения и ковариационной функции, которые использованы в качестве прообраза измеряемых параметров. Приведена система диалога с оператором-технологом в процессе мониторинга состава расплава. В заключение указывается, что на основе полученных профилей формируется настройка порогов сигнализации фаз технологического процесса.

Ключевые слова*:* **индукционные тигельные печи, диагностика, реологическое состояние металла, профиль расплава**

INFORMATION SUPPORT OF MONITORING OF PROCESS OF MELTING IN INDUCTION CRUCIBLE FURNACES

Kostyukova A.P.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: ktp@ufanet.ru

The relevance of the considered material is defined by requirements of reliability and prevention of the emergencies arising when melting metals and alloys. In article an object of a research is fusion of metal which is exposed to technological process of melting in the induction crucible furnace (ICF). At the same time special attention is paid to creation of the common information space allowing to realize melting process monitoring. Metal as an object of a research is characterized by a number of the parameters defining his rheological state is a conductivity, density and viscosity. Use of contact sensors under the terms of a working environment is impossible therefore assessment of a condition of fusion perhaps only in the contactless way. Processing of informative data at analysis stages and recognitions of thermographics is given. As rheological parameters of metal depend on temperature, this parameter. it is recommended to use for definition of a stage of technological process of melting of metal for monitoring of a condition of fusion. Estimation of the main properties is carried out with use of average value and kovariatsionny function which are used as a prototype of the measured parameters. The system of dialogue with the operator-technologist in the course of monitoring of composition of fusion is given. It is specified in the conclusion that on the basis of the received profiles control of thresholds of the alarm system of phases of technological process is formed.

Keywords: induction crucible furnaces, diagnosis, rheological metal state, melt profile

В настоящее время управление процессом плавки осуществляется на основе регулирования энергетических параметров металлургического оборудования (напряжение или мощность энергетического потока, выделяемого на индукторе). Сформированный на основе данных показателей информационный поток обратной связи (ОС) воздействует лишь на параметры источника питания индукционной тигельной печи (ИТП).

Контроль показателей качества приготавливаемого расплава, как показал анализ литературы и опыт научно-исследовательской работы в области металлургического производства, осуществляется в лабораторных условиях после его завершения, а также с помощью визуальных данных и пирометрией [1–3]. Последние данные технолог оценивает визуально. Обратная связь, оценивающая состояние расплава на основе лабораторных исследований полученных качественных показателей металла, осуществляется посредством сравнения характеристик технологического процесса (ТП) на основе математических и физических зависимостей. Такая разновидность ОС, воздействующей на параметры ТП, характеризуется значительным временем запаздывания, что оказывает влияние на качество процесса регулирования и поддержания величин параметров в заданном диапазоне. На основании этих данных технолог выполняет мониторинг процесса плавки. Несмотря на интенсивные исследования, проведенные за последние годы в этом направлении, проблема непрерывного мониторинга состояния расплава до сих пор не решена.

Для повышения эффективности получения качественного металла в режиме онлайн процесса его изготовления, необходимо выявление передовых подходов к мониторингу физико-химических процессов, протекающих в металле. Более совершенные возможности открываются при мониторинге параметров плавки в результате вычленения новых информационных параметров, внедрения передовых измерительных средств и методов обработки контролируемой информации [4].

Как известно [5], реологические параметры металла, такие как удельные значения электропроводности $\rho(\theta)$, магнитной проницаемости $\mu(\theta)$, теплоемкости $c(\theta)$ и теплопроводности нагреваемого материала $\lambda(\theta)$, где θ – температура расплава, резко меняют свои значения в процессе нагрева согласно зависимостям

$$\begin{cases} \rho = \rho_0(1+\alpha\theta) \\ \mu = \mu_0(1+\xi\theta) \\ c = c_0(1+\gamma\theta) \\ \lambda = \lambda_0(1+\varsigma\theta) \end{cases}. \qquad (*)$$

Реологические параметры нагреваемого металла позволяют определить стадию плавки в печи. Оценка состояния расплава возможна только бесконтактным способом по косвенным признакам. Основным косвенным показателем может выступать температура θ, так как все реологические параметры определяются ею (*), а точнее температурным полем расплава [4].

В табл. 1 приведены отличительные характеристики рабочих режимов плавки.

Для оценки температурного поля расплава используется его видеоизображение (термограмма) (рис. 1).

Термограммы являются графической формой сообщений [5] и содержат сведения о состоянии исследуемого объекта. Термограмма представляет собой причинно-обусловленное отображение состояний расплава плавильных модулей, поскольку отражает различные процессы, протекающие в объекте. Термограмма рассматривается как случайный процесс $\{X_K(t)\}$. Воспроизведение такого процесса $X_K(t)$ невозможно описать явной аналитической зависимостью, поэтому для оценки характеристик процесса необходимо использовать интегральные характеристики (статистические параметры и характеристики). Под интегральной характеристикой понимается количественная оценка сообщения, содержащегося в термограмме. Формы интегральной характеристики могут быть временными либо спектральными [6].

При использовании временной формы необходима некоторая совокупность термограмм, поскольку временная форма описания сигнала – это описание его изменения в функции времени (рис. 2).

Эта форма предоставляет возможность определения структуры колебаний сигнала во времени, периода изменения сигнала и т.п.

Частотные или спектральные характеристики объекта можно оценить, выполнив преобразование Фурье временной формы [7]. При этом сама по себе отдельная термограмма является непериодическим сигналом, который может быть описан преобразованной зависимостью периодического сигнала при условии

$$T = \frac{2\pi}{\Omega} \to \infty, \text{ если } \Omega \to d\omega \approx 0,$$

где Ω – круговая частота распространения сигнала. В данном случае можно провести аналогию между $\Delta\omega$ – случайным приращением круговой частоты и $\Delta\theta$ случайным приращением температуры, $S(j\omega)$ спектральной плотностью круговой частоты и спектральной плотностью температуры $S(j\theta)$. Из спектральной характеристики термограммы можно определить: ширину спектра температур $\Delta\theta$ и спектральную плотность (огибающую амплитуд $S(j\theta)$, составляющих спектр).

Таблица 1

Отличительные характеристики рабочих режимов

№ режима	Наименование режима плавки	Состояние металла	Значение наблюдаемых параметров
1	Пусковой режим	Визуально твердый металл	Температура 25 °С
2	Преднагревательный режим	Состояние металла твердо-вязкое, пузырьки, окалина, изменение цвета	Температура от 25 °С до температуры плавления
3	Режим непосредственного плавления	Визуально расплавленный металл с комками	Температура плавления ± допуск
4	Режим расплава	Нет комков, металл полностью расплавлен	Температура плавления ± допуск
5	Режим кипячения	Кипящий металл	Температура кипения металла

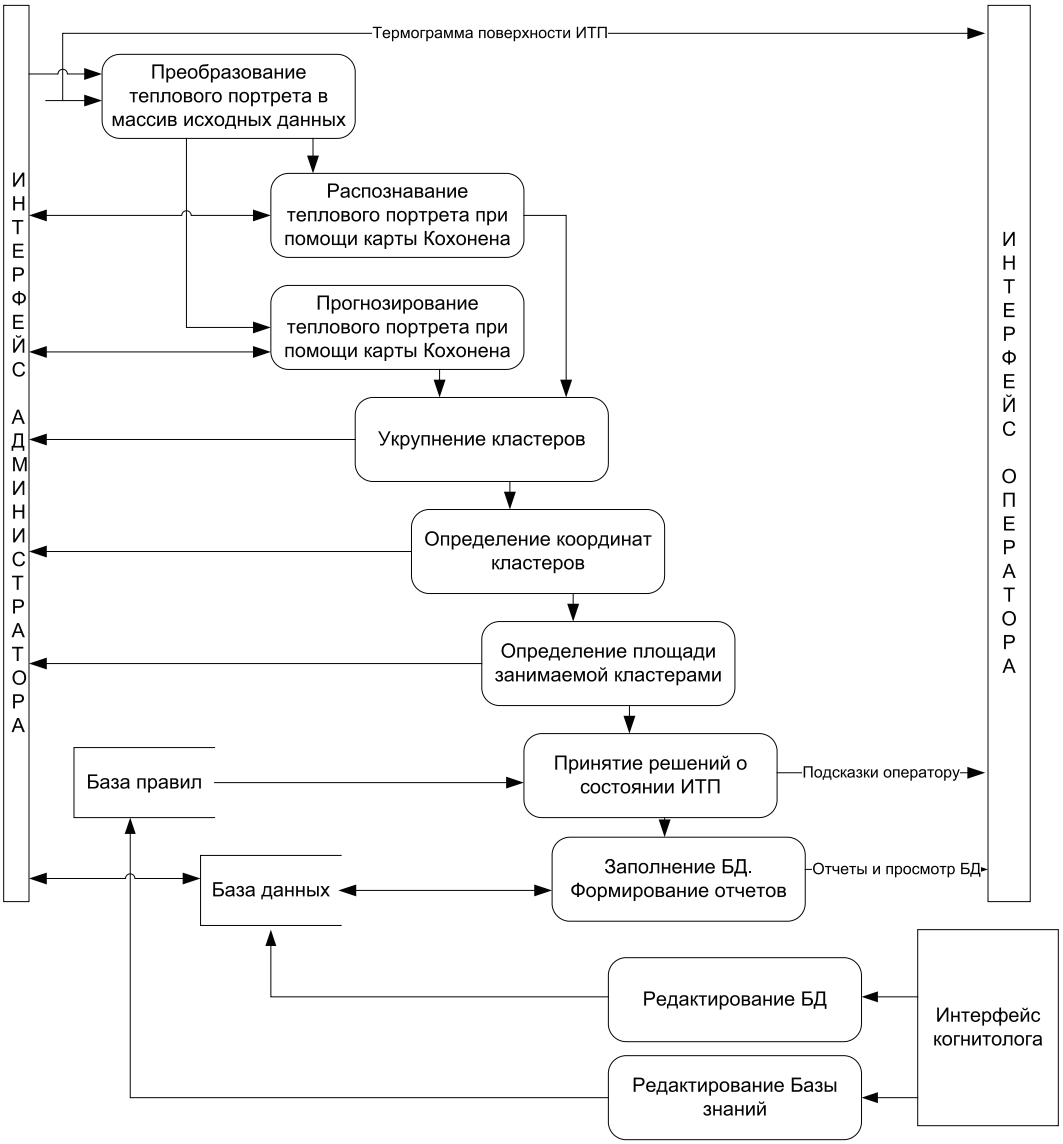


Рис. 1. Процесс обработки информации о тепловом портрете

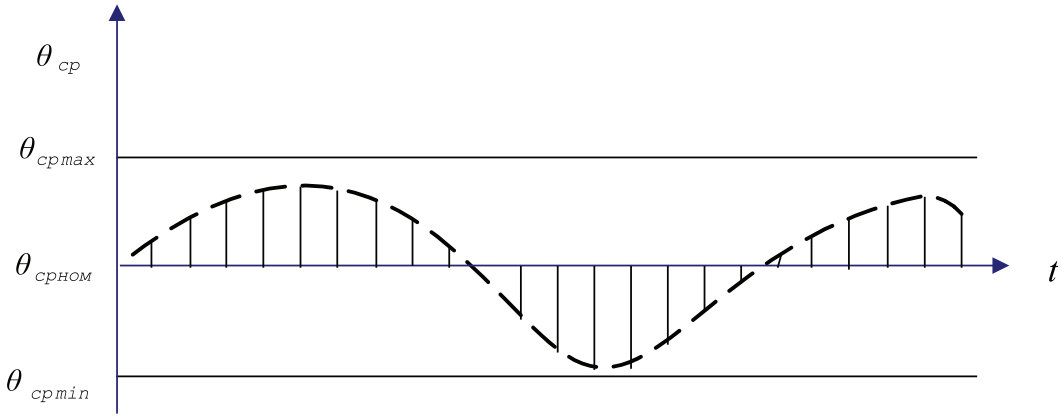


Рис. 2. Структура колебаний сигнала во времени: $\theta_{ср\ max}$ – максимальный уровень сигнала; $\theta_{ср\ ном}$ – номинальное значение сигнала; $\theta_{ср\ min}$ – минимальный уровень сигнала

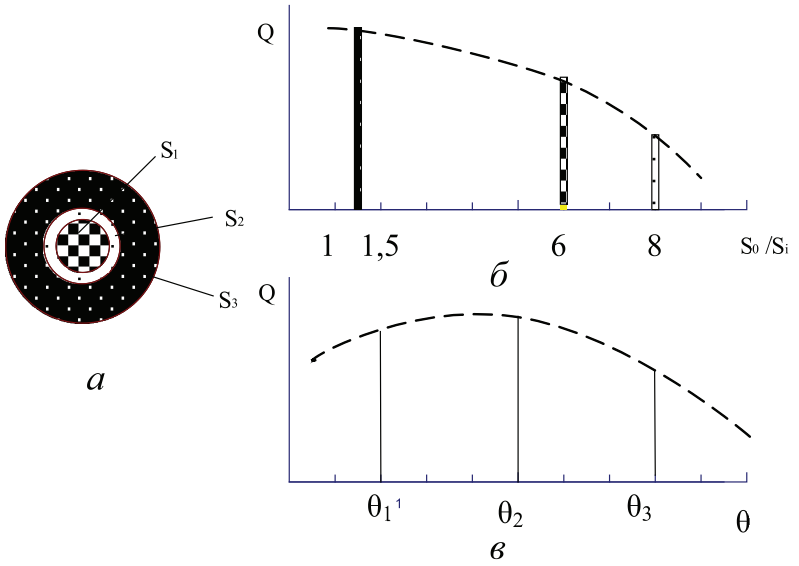


Рис. 3. Способы представления конечной информации

Рассмотрим получение спектральной плотности термограммы (рис. 3, а). На ней различными интенсивностями цвета обозначены области с различной температурой. Площади данных областей – S_i. Тогда тепловые потоки областей определятся по формуле

$$Q_i = \theta_i \cdot S_i,\ T = \frac{2\pi}{S_0},$$

где $S_0 = S_1 + S_2 + S_3$.

На рис. 3, б, в, показаны различные способы представления конечной информации.

Таким образом, оценивание основных свойств теплового процесса можно выполнить с использованием:

1) среднего значения:

$$M_X(t) = E[\mathrm{X}_K(\mathrm{t})\}] = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N} \sum_{K=1}^{N} X_K(t_1),$$

где $E[\mathrm{X}_K(\mathrm{t})\}]$ – математическое ожидание, взятое по множеству индексов *k*;

2) ковариационной функции:

$$R_{XX}(\tau) = E\{X(t_1) \cdot X_K(\mathrm{t}_1 + \tau)\}.$$

К определяющим свойствам теплового процесса относятся: его стационарность, наличие или отсутствие периодических составляющих, выявление тренда и др. характеристики. Стационарность процесса говорит о его неизменности. Установление в процессе содержания периодических составляющих позволяет избежать ошибок при интерпретации результатов мониторинга. При отсутствии периодических составляющих возможно упрощение аналитического исследования случайного процесса. Выявление тренда позволяет прогнозировать момент наступления аварийного случая.

Стационарность процесса можно определить по двум характеристикам $M_X(t_1)$ и $R_{XX}(t_1, t_1 + \tau)$, если они не зависят от момента времени t_1 – момента проведения диагностики. В этом случае среднее значение постоянно, а ковариационная функция зависит только от интервала наблюдения τ, т.е.

$$M_X(t_1) = M_X,\ R_{XX}(t_1, t_1 + \tau) = R_{XX}(\tau).$$

Среднее значение и ковариационная функция могут быть использованы в качестве образа (профиля) при сравнении измеряемых показателей температуры. Как известно, профиль – это совокупность основных, типичных технологических параметров, характеризующих состояние какого-либо процесса. В рассматриваемом случае таким процессом является процесс плавки металла.

Задачей системы мониторинга является выдача достоверной информации технологу для диагностирования состояния объекта в реальном времени (рис. 4).

Процесс диалога содержит действия, представленные в табл. 2.

Приведенные интегральные характеристики занимают небольшой объем памяти при хранении, алгоритмы распознавания изображений с их использованием просты и обладают высоким быстродействием. Они могут работать как с цветным, так и с черно-белыми изображениями самых разных форматов.

Таблица 2

Описания действий по загрузке окон системы диалога

Номер действия	Описание	Реализация
0	Запуск	автоматически
1	Мониторинг	а) автоматически при угрозе предаварийного / аварийного состояния, б) вручную по выбору технолога
2	Прогноз состояния ИТП	а) автоматически при угрозе предаварийного / аварийного состояния на следующей плавке, б) вручную по выбору технолога
3	Архив событий	Вручную
4	Отчеты	По требованию технолога на печать или экран монитора
Вывод значений параметров		
5	КПД	Вручную
6	Толщина футеровки	Вручную
7	Мощность	Вручную
8	Ожидание следующего действия	

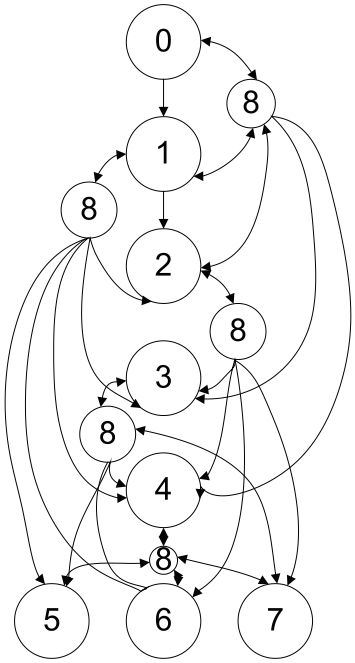


Рис. 4. Схема диалога

Профили расплава определяют характерные признаки процесса, используемые для диагностирования технологических ситуаций. Для характеристики состояния объекта используют троичную логику с признаками состояния: «норма», «больше», «меньше». При этом нормальным состоянием объекта считают состояние, определяемое технологическими инструкциями, реализующими поддержание выходных показателей печи на требуемом уровне для обеспечения требуемого качества выплавляемого материала.

Принятие решения на базе показаний двух характеристик исследуемых показателей, таких как среднее значение и ковариационная функция, повышает надежность принимаемого решения. В этом случае показатель соответствия профилю определяется по расстоянию между принятыми оценками. На основе полученных профилей формируется настройка порогов сигнализации фаз технологического процесса. Эти действия способствуют улучшению управляемости и дальнейшей автоматизации процесса и, кроме того, сокращают нагрузку на операторов-технологов.

Список литературы

1. Металлургическая технология / А.Н. Головко, Я.В. Фролов, А.Н. Гридин, С.М. Беляев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// metal-formating.org/images/statti/frolov/client-oriented-quility-ru.pdf (дата обращения: 15.04.2018).

2. Гордеев Ю.А. Новые технологии контроля параметров металлических расплавов / Ю.А. Гордеев, Г.И. Швецов, А.П. Репин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// market.ru/ststya_po_metallurgii/novye-tekhnologii-kontrolya-parametrov-metallicheskikh-rasplavov-statya (дата обращения: 15.04.2018).

3. Контроль качества жидкого металла [Электронный ресурс] // Автолитмаш. Машиностроительный завод: сайт. – http: // avtolitmash.ru (дата обращения: 15.04.2018).

4. Костюкова А.П. Система поддержки принятия решений по диагностированию состояния индукционных плавильных установок: автореф. дис. … канд. техн. наук. – Уфа, 2011. – 16 с.

5. Реологические модели как основной элемент моделирования процессов обработки металлов давлением / О.М. Смирнов [и др.] // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. – № 2. – С. 45–52.

6. Определение показателей надежности диагностируемого электрооборудования / Е.П. Вишняков [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12–2. – С. 256–260.

7. Костюкова А.П. Институциональный метод как основа мониторинга индукционной плавильной печи // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 4, № 1. – С. 19–24.

УДК 004.9:[629.33+658.818.3]

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОСТАВЩИКА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ НОВОГО МОДЕЛЬНОГО РЯДА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Макарова И.В., Буйвол П.А., Шубенкова К.А., Мухаметдинов Э.М.
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, e-mail: kamivm@mail.ru

Статья посвящена разработке методики прогнозирования надежности поставщика запасных частей для нового модельного ряда автомобильной техники. Выполнен обзор методов оценки поставщиков как в разрезе применяемых методов, так и выделяемых критериев оценки. Установлено, что все они для выбора приоритетов используют экспертные методы, что обуславливает их главный недостаток – субъективизм оценки. Показано, что для минимизации рисков необходимо анализировать характеристики потенциальных поставщиков запасных частей и распределять потоки заявок с учетом полученных показателей их надежности. При этом помимо прочих факторов необходимо также включить в оценку и фактор надежности поставляемых изделий. Авторами предложена методика, основанная на интеллектуальном анализе накопленных данных для поиска скрытых закономерностей, позволяющая вычислить предварительные оценки потенциальных поставщиков с учетом времени доставки, качества запасной части и уровня недопоставок. Для прогнозирования вероятности выполнения поставщиком обязательств используется множественная логистическая регрессия. Произведен экспериментальный расчет на основе накопленных данных, приведена интерпретация полученных результатов оценки надежности поставщика для заданных значений входных переменных. На основе разработанной методики возможно создание системы поддержки принятия решений по выбору поставщика.

Ключевые слова: автомобильная техника, запасные части, логистическая регрессия, надежность, оценка, поставщик

FORECASTING THE RELIABILITY OF THE SPARE PARTS SUPPLIER FOR A NEW MODEL RANGE OF ROAD VEHICLES

Makarova I.V., Buyvol P.A., Shubenkova K.A., Mukhametdinov E.M.
Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, e-mail: kamivm@mail.ru

The article is devoted to the development of methods for forecasting the reliability of spare parts' supplier for a new model line of road vehicles. A review of methods for evaluating suppliers was carried out, both in terms of the used methods and the identified evaluation criteria. It is established that they all use expert methods to select priorities, which causes their main drawback – subjectivity of evaluation. It is shown that to minimize risks it is need to analyze characteristics of potential spare parts' suppliers and distribute flows of requests taking into account the obtained indicators of their reliability. Among other factors, it is also necessary to include in the estimate factor of reliability of the delivered spare parts. Authors proposed a methodology based on intelligent analysis of accumulated data for searching hidden regularities, allowing calculating preliminary estimates of potential suppliers taking into account time of delivery, quality of the spare part and the level of shortages. Multiple logistic regression is used to predict the probability of supplier's engagements fulfillment. The experimental calculation is based on the accumulated data. The interpretation of the received results of supplier's reliability estimate for given values of input variables is given. Based on the developed methodology, it is possible to create a decision support system for selecting a supplier.

Keywords: estimate, logistic regression, reliability, road vehicles, spare parts, supplier

Рост автомобилизации и усиливающаяся конкурентная борьба на автомобильном рынке требуют от производителей автомобильной техники не только повышения качества своей продукции, но и поиска новых способов привлечения клиентов. Для обеспечения уверенности покупателя в возможности беспроблемной эксплуатации автомобиля на протяжении всего жизненного цикла производитель должен обеспечить качественный сервис. Это особенно важно в гарантийный период эксплуатации автомобиля, поскольку любые отклонения от гарантийных обязательств могут отрицательно повлиять на репутацию продуцента и снизить доверие к бренду.

Качество поддержания работоспособности автомобильной техники в значительной степени определяется эффективностью системы обеспечения дилерско-сервисных центров (ДСЦ) запасными частями. Быстрое расширение и обновление модельного ряда автомобильной техники требует разработки новых методик оценки для адекватного анализа, что обусловлено недостаточностью объема статистических данных. Кроме того, конкуренция на рынках запасных частей приводит к появлению недобросовестных поставщиков, вытесняющих конкурентов за счет демпинга цен, не обеспечивая при этом соответствующее качество продаваемых

изделий. Работа с такими поставщиками может вызвать серьезные последствия, сопряженные с нарушением условий безопасности эксплуатации. В силу вышеописанных причин исследование было посвящено разработке методики обоснованного выбора потенциальных поставщиков.

Методы оценки надежности поставщиков

Авторы многочисленных исследований предлагают использование разных методов анализа, таких как аналитическая иерархия [1], метод TOPSIS [2], аналитический сетевой процесс, математическое программирование, интегральный подход Choquet, моделирование структурными уравнениями, а также применение технологии развертывания функций качества, генетических алгоритмов, искусственных нейронных сетей [3, 4], нечетких множеств [5, 6], анализа охвата данных [7, 8]. Несмотря на разнообразие подходов, все они для выбора приоритетов используют экспертные методы, что обуславливает их главный недостаток – субъективизм оценки. При выборе поставщика основным фактором должна быть его надежность, хотя при оценке бизнес-операций компании это не единственный параметр, влияющий на эффективность ее деятельности. Для рассмотрения альтернатив при принятии решений по оценке надежности поставщика многие авторы выделяют факторы, которые считают наиболее значимыми в каждом конкретном случае [2]. В частности, в исследованиях [1, 7] представлен комплексный подход для выбора поставщика, учитывающий фактор негативного влияния на окружающую среду. В исследовании [9] применен метод логистической регрессии, минимизирующий субъективизм оценки, однако авторами не учитывается специфика оценки поставщиков для машиностроительного предприятия.

По нашему мнению, поскольку назначение запасных частей автомобильной техники связано с обеспечением ее эксплуатационной надежности как технической системы, работоспособность которой является одним из факторов гарантии безопасности транспортной системы в целом, нельзя при выборе поставщика ограничиться анализом традиционных факторов, таких как, например, цена или скорость поставки, необходимо также включить в оценку и фактор надежности поставляемых изделий.

Выбор критериев оценки

Эффективность функционирования технических систем (ТС) в значительной степени зависит от надежности как составляющих их отдельных устройств, так и элементов, обеспечивающих взаимодействие между ними. Несмотря на значительные усилия в области повышения надежности ТС, ее уровень остается недостаточно высоким и не удовлетворяет возрастающим требованиям потребителей. Недостаточная надежность устройств и их компонентов приводит к значительным простоям систем, а также к повышению эксплуатационных расходов. Кроме того, отказы ТС могут привести к аварийным ситуациям, последствия которых могут быть значительными.

К деталям и узлам, лимитирующим надежность агрегатов автомобиля, относят те из них, отказы которых составляют не менее 50% от общего числа отказов, а затраты на устранение этих отказов (на запасные части и работы по замене деталей) – не менее 70% от общей суммы затрат [10]. При этом необходимо учитывать, что различные узлы, агрегаты и системы автомобиля имеют разный ресурс, который зависит от условий эксплуатации, а также обладают разной степенью надежности. На статистику отказов также влияют особенности региона эксплуатации.

Так, в результате исследований статистики отказов различных узлов, механизмов и агрегатов автомобиля КАМАЗ, собранной в субъектах сервисной сети ПАО «КАМАЗ», в странах, расположенных в разных климатических зонах, был выявлен значительный разброс (рис. 1). Структура отказов, а следовательно, и надежность деталей в значительной степени зависит от климатической зоны региона эксплуатации. Значительные различия в статистике отказов могут наблюдаться также и в пределах одной страны, имеющей большие по площади территории, отличающиеся по характеру климата. В то же время, качество изготовленных разными производителями автокомпонентов деталей одного наименования, может различаться, т.е. они могут иметь разный ресурс в пределах одного региона эксплуатации.

Поскольку структуру поставок определяет центр управления дилерско-сервисной сетью (ДСС), он должен иметь полную информацию для принятия обоснованного решения, какому конкретно поставщику или группе поставщиков деталей, лимитирующих надежность, необходимо направить предварительную заявку.

Эксплуатационная надежность технической системы включает такие параметры, как безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость. Для владельца автомобильной техники наиболее

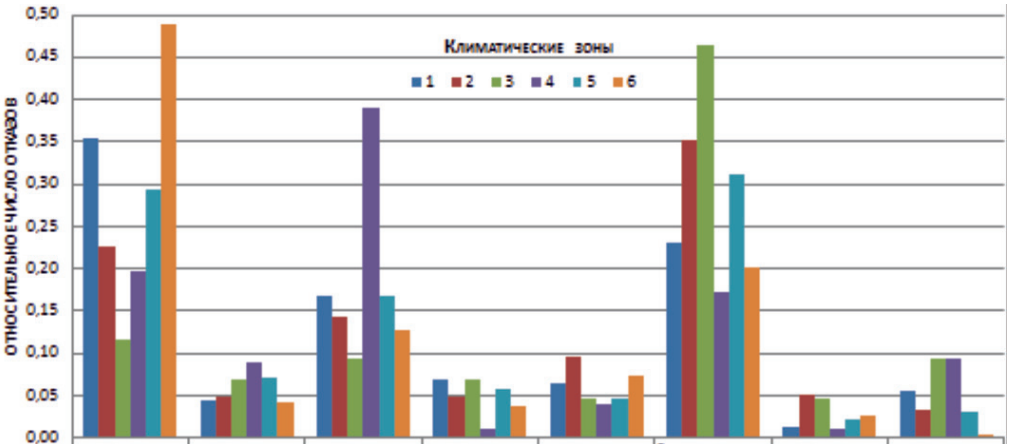
важным критерием, в особенности в гарантийный период эксплуатации, является безотказность, поэтому «Безотказность запасной части» мы выбрали в качестве одного из основных критериев оценки надежности поставщика. Для определения численного значения характеристики «Безотказность запасной части» необходимо провести обработку статистики отказов узлов и агрегатов автомобиля.

Поставка как процесс характеризуется фактором «Надежность поставок». Он включает в себя минимизацию времени доставки при соблюдении всех требований и условий поставок. Время доставки может зависеть как от качества управленческих решений (рациональность маршрута и графика движения, адекватность вида транспорта), так и от характеристик логистической цепочки (число узлов перегрузки и смены вида транспорта на маршруте, необходимость переформирования партии груза, риски потери груза и его порчи на маршруте, параметры местоположения поставщика и т.п.). Поскольку при выборе конкретного поставщика необходимо учесть соотношение таких характеристик, как стоимость и время доставки, а также качество запасной части, то процесс принятия решения по выбору нового поставщика конкретной запасной части – многокритериальная задача. Это подразумевает введение некоего суперкритерия, т.е. скалярной функции векторного аргумента, которая называется также линейной сверткой:

$$q_0(x) = q_0(q_1(x), q_2(x), q_3(x)), \qquad (1)$$

где $1/q_1(x)$ – время доставки; $q_2(x)$ – безотказность запасной части; $q_3(x)$ – уровень выполнения количественных обязательств данным поставщиком (процент доставленных запасных частей из общего объема заявки).

Стоимость доставки запасной части зависит от местоположения сервисного центра и самого поставщика, а также от срочности и способа (партией или штучно) доставки. Если стоимость хранения превышает стоимость доставки запасной части, то хранению предпочитают поставку по требованию. Кроме того, различаются и модели формирования складов запасных частей «на продажу» и для сервиса, когда оценивают не только поставщика, но и организацию всего процесса поддержания работоспособности автомобиля. Задача складской логистики является комплексной, поэтому ее нужно выделить в отдельное исследование. Когда решается задача выбора поставщика, логично учитывать в качестве критерия время доставки, поскольку это количественный критерий. Кроме того, необходимо принять во внимание, что простой грузовой автотехники в гарантийный период приводит к упущенной выгоде для ее владельца, а для изготовителя может повлечь штрафные санкции и привести к потере доверия к бренду.



	Двигатель	Трансмиссия	Шасси	Управление рулевое	Система тормозная	Электрооборудование и электроника	Кабина	Кузов и спецнадстройки
1	0,35	0,05	0,17	0,07	0,06	0,23	0,01	0,05
2	0,23	0,05	0,14	0,05	0,10	0,35	0,05	0,03
3	0,12	0,07	0,09	0,07	0,05	0,47	0,05	0,09
4	0,20	0,09	0,39	0,01	0,04	0,17	0,01	0,09
5	0,29	0,07	0,17	0,06	0,05	0,31	0,02	0,03
6	0,49	0,04	0,13	0,04	0,07	0,20	0,03	0,00

Рис. 1. Распределение относительного числа отказов агрегатов автомобилей КАМАЗ в странах различных климатических групп (1–6) в соответствии с классификацией Кеппена [11]

Упорядочение альтернатив по величине с помощью суперкритерия позволяет выделить из них наилучшую (по этому критерию). Вид функции определяется способом оценки вклада каждого критерия в суперкритерий. При этом можно использовать аддитивные или мультипликативные функции.

$$q_0(x) = \sum_{i=1}^{3} \frac{\alpha_i q_i(x)}{S_i}, \qquad (2)$$

$$1 - q_0(x) = \prod_{i=1}^{3} \left(1 - \frac{\beta\, q_i(x)}{S_i} \right) \qquad (3)$$

Коэффициенты S_i обеспечивают, во-первых, безразмерность числа $q_i(x)/S_i$, так как частные критерии могут иметь разную размерность и тогда некоторые арифметические операции, например сложение, не будут иметь смысла. Во-вторых, в необходимых случаях с их помощью выполняется условие нормировки. Для решения вышеперечисленных задач в качестве S_i можно взять среднее значение соответствующего критерия, что и было сделано в данной работе. Коэффициенты α_i, β_i отражают относительный вклад частных критериев в суперкритерий, т.е. являются весовыми коэффициентами.

Прогнозирование надежности поставщика при выводе на рынки новой техники

Поскольку в условиях конкуренции расширение и обновление модельного ряда транспортных средств осуществляется настолько быстро, что объемы статистических данных зачастую недостаточны для адекватного анализа, приходится использовать несколько иные методики оценки. Приведем описание разработанной методики, основанной на интеллектуальном анализе накопленных данных для поиска скрытых закономерностей, которая позволяет спрогнозировать такие показатели, характеризующие надежность поставщика, как время доставки, качество запасной части и уровень недопоставок при выборе нового поставщика. Основой анализа служит информация из разработанного программного модуля.

Последовательность этапов получения нового знания для принятия решения о выборе нового поставщика выбранной позиции номенклатуры запасной детали:

1. Сбор данных в хранилище: по анкетам текущих и потенциальных поставщиков; заключенным договорам; информация по обращениям в ДСЦ ввиду отказов автомобильной техники; заявленных сервисными центрами потребностях в запасных частях и осуществленным по ним поставкам; историям невыполненных обязательств. Решение о необходимости обновления прогностической модели принимается по установленным критериям.

2. Отбор факторов, влияющих на целевой показатель надежности поставщика, которые были определены в качестве входных переменных: x1 – уровень цены; x2 – процент брака; x3 – срок гарантии; x4 – длительность присутствия на рынке; x5 – доля рынка; x6 – наличие системы менеджмента качества.

3. Построение модели с применением метода логистической регрессии для поиска скрытых закономерностей, характеризующих поведение поставщиков.

Накопленные данные по взаимодействию с поставщиками позволяют выполнить анализ влияния различных выделенных факторов на вероятность того, что поставщик окажется надежным. Для прогнозирования вероятности выполнения поставщиком обязательств используется множественная логистическая регрессия [12, 13], с помощью которой анализируются связи между несколькими независимыми и зависимой переменной. Это достигается применением регрессионного уравнения (логит-преобразование):

$$y = \frac{\exp\left(g\left(X\right)\right)}{1 + \exp\left(g\left(X\right)\right)}. \qquad (4)$$

Поскольку y – вероятность того, что поставщик окажется надежным, то предсказанные значения y в этой модели принимают значения от 0 до 1. Значения g для построения логистической регрессии будут рассчитываться следующим образом:

$$g = \begin{cases} 1(\text{надежный}), \text{ если } \frac{z_1}{z_1} * c1 + \frac{z_2}{z_2} * c2 + \frac{z_3}{z_3} * c3 \geq T \\ 0\ (\text{ненадежный}), \text{ если } \frac{z_1}{z_1} * c1 + \frac{z_2}{z_2} * c2 + \frac{z_3}{z_3} * c3 < T \end{cases}, \qquad (5)$$

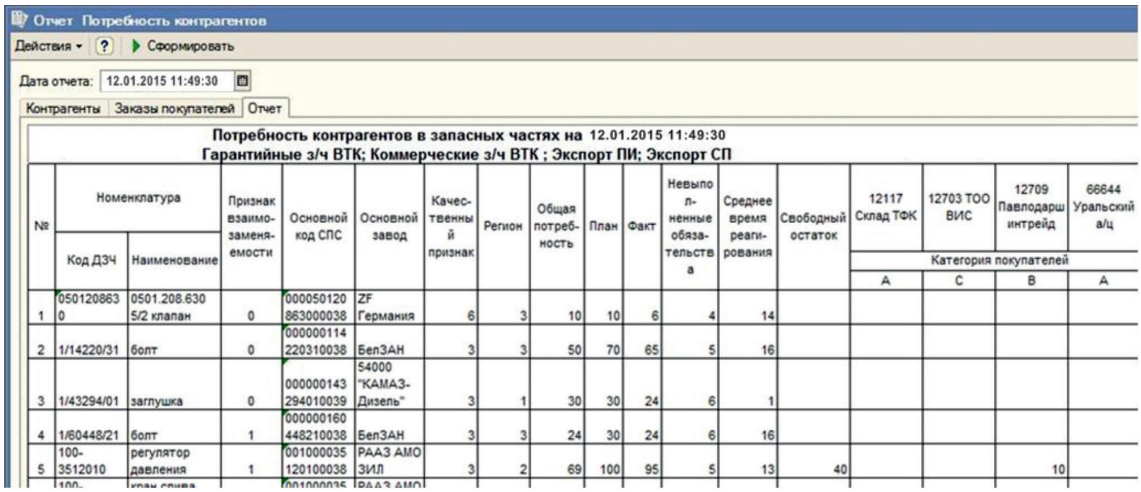
где $1/z_1$ – время доставки; z_2 – безотказность запасной части; z_3 – уровень выполнения поставщиком количественных обязательств (доля доставленных запасных частей в заявке); T – порог классификации; c_1, c_2, c_3 – коэффициенты, определяемые аналитиком и показывающие вес каждой из величин z_1, z_2, z_3. Значения коэффициентов для дальнейших расчетов

были определены согласно корпоративным регламентам ДСС ПАО «КАМАЗ». Поскольку для автомобильной техники показатель «безотказность запасной части» более важен, он имеет наибольший вес.

На основе разработанной методики возможно создание системы поддержки принятия решений по выбору поставщиков, включающей модуль сбора исходных данных, аналитический модуль обновления модели множественной логистической регрессии и модуль прогнозирования надежности нового поставщика.

Практическая реализация методики прогнозирования надежности нового поставщика

Для сбора исходной информации был разработан программный модуль «Справка-отчет о потребности контрагентов в запасных частях» (рис. 2), содержащий информацию о качестве составленных предварительных заявок по запасным частям, фактической поставке в логистический центр, среднем времени выполнения заявок, качественных характеристиках поставляемых запасных частей.


Отчет Потребность контрагентов

Действия ▾ ? Сформировать

Дата отчета: 12.01.2015 11:49:30

Контрагенты | Заказы покупателей | Отчет

Потребность контрагентов в запасных частях на 12.01.2015 11:49:30
Гарантийные з/ч ВТК; Коммерческие з/ч ВТК ; Экспорт ПИ; Экспорт СП

№	Номенклатура		Признак взаимозаменяемости	Основной код СПС	Основной завод	Качественный признак	Регион	Общая потребность	План	Факт	Невыполненные обязательства	Среднее время реагирования	Свободный остаток	12117 Склад ТФК	12703 ТОО ВИС	12709 Павлодарш интрейд	66644 Уральский а/ц
	Код ДЗЧ	Наименование												Категория покупателей			
														A	C	B	A
1	0501208630	0501.208.630 5/2 клапан	0	000050120 863000038	ZF Германия	6	3	10	10	6	4	14					
2	1/14220/31	болт	0	000000114 220310038	БелЗАН	3	3	50	70	65	5	16					
3	1/43294/01	заглушка	0	000000143 294010039	54000 "КАМАЗ-Дизель"	3	1	30	30	24	6	1					
4	1/60448/21	болт	1	000000160 448210038	БелЗАН	3	3	24	30	24	6	16					
5	100-3512010	регулятор давления	1	001000035 120100038	РААЗ АМО ЗИЛ	3	2	69	100	95	5	13	40			10	

Рис. 2. Вид окна программного модуля для сбора исходных данных

Примем T = 0,6, c1 = 0,25, c2 = 0,5, c3 = 0,25.

На основе накопленных данных о деятельности поставщиков получим логит-преобразование для модели множественной логистической регрессии:

$$g(x) = 0{,}35+0{,}05\times x_1 - 0{,}45\times x_2 + 0{,}78\times x_3 +$$

$$0{,}026\times x_4 + 0{,}2\times x_5 - 0{,}8\times x_{61} + 0{,}2\times x_{62}. \quad (6)$$

Это позволяет оценить надежность поставщика для заданных значений входных переменных. Так, например, надежность компаний-поставщиков с уровнем цены «выше среднего», с заявленным низким процентом брака, сроком гарантии равным среднему по рынку, присутствием на рынке в течение 15 лет, долей рынка – от 15 до 30 % и внедренной системой менеджмента качества будет равна $f(x) = 0{,}81$. Это означает, что прогнозируемая надежность поставщика составляет порядка 81 %.

Выводы

При выводе на рынок нового модельного ряда, во время гарантийного периода эксплуатации, могут выявиться проблемы в виде повторяющихся отказов и значений параметров надежности, не соответствующих заявленным изготовителем, а также систематическое невыполнение текущим производителем автокомпонентов других показателей качества работы, что вызывает необходимость подбора нового поставщика. Применение разработанной методики позволит оценить вероятность выполнения потенциальным поставщиком своих обязательств. Полученные показатели надежности могут быть использованы при распределении потока заявок на запасные части между поставщиками, а также при формировании значений ключевых индексов работы по срокам поставки и качеству изделий, прописываемых в заключаемом договоре.

Список литературы

1. Sarkis J., Dhavale D.J. Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. Int. J. Production Economics, 2015, vol. 166, pp. 177–191.

2. Fallahpour A., Olugu E.U., Musa S.N. and others. A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. Computers & Industrial Engineering, 2017, vol. 105, pp. 391–410.

3. Govindana K., Rajendran S., Sarkis J., Murugesan P. and others. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. Journal of Cleaner Production, 2015. vol. 98, pp. 66–83.

4. Wetzstein A., Hartmann E., Benton jr. W.C. and others. A systematic assessment of supplier selection literature – State-of-the-art and future scope. International Journal of Production Economics. 2016, vol. 182, pp. 304–323.

5. Chai J., Ngai E.W.T. Multi-perspective strategic supplier selection in uncertain environments. Int. J. Production Economic, 2015, vol. 166, pp. 215–225.

6. Ho W., Dey P.K., Bhattacharya A. Strategic supplier selection using multi-stakeholder and multi-perspective approaches. Int. J. Production Economics, 2015, vol. 166, pp. 152–154.

7. Kumar A., Jain V., Kumar S. A comprehensive environment friendly approach for supplier selection. Omega, 2014, vol. 42, is. 1, pp. 109–123.

8. Kumar A., Jain V., Kumar S. and others. Green supplier selection: a new genetic/immune strategy with industrial application. Enterprise Information Systems, 2016, vol. 10, is. 8, pp. 911–943.

9. Гумеров Н.Р. Механизм развития интеллектуального капитала региональных промышленных предприятий / Н.Р. Гумеров, Г.Р. Гумерова, Н.Г. Федотова // Региональная экономика. – 2011. – № 5 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.uecs.ru/uecs-29-292011/item/473-2011-05-31-06-28-18 (дата обращения: 21.03.2018).

10. Надежность автомобиля и пути ее повышения. URL: http://tehnoinfos.ru/obzory/avto/362-nadejnost-avto.html (дата обращения: 21.03.2018).

11. Рассашко И.Ф. Общая экология. Тексты лекций для студентов специальности 1-33 01 02 «Геоэкология» / И.Ф. Рассашко, О.В. Ковалева, А.В. Крук. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – 252 с.

12. STATISTICA. URL: http://www.statsoft.com/Products/STATISTICA-Features (дата обращения: 21.03.2018).

13. Hosmer D.W., Lemeshow Jr.S., Sturdivant R.X. Applied Logistic Regression. Wiley, 2013, 528 p.

УДК 691.328.4:620.179.14

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИК ИДЕНТИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ ФИБРОБЕТОНА

Матус Е.П.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Новосибирск, e-mail: matus_evg@mail.ru

Показано, что для определения распределения дисперсной стальной арматуры в бетоне целесообразно использовать его электромагнитные свойства: компоненты тензора магнитной проницаемости материала и его электрическую проводимость. В первом приближении магнитная проницаемость линейно зависит от коэффициента ориентации армирующих волокон и коэффициента армирования. Эффективным способом диагностики является измерение компонентов матрицы индуктивности связанных электромагнитных контуров, расположенных на поверхности исследуемого образца бетона. Оптимальная частота применяемого тока в контурах зависит от диаметра дисперсной арматуры и электрической схемы установки. Наибольшей помехоустойчивостью отличается электрическая схема, построенная по принципу дифференциального трансформатора, сравнивающего сигналы от измеряющих и эталонных обмоток. Для каждого типа арматуры должна проводиться калибровка на стандартных образцах. Сравниваются экспериментальные и расчетные зависимости значений индуктивности контуров, содержащих образцы сталефибробетона от коэффициентов армирования и ориентации фибр. С помощью метода конечных элементов проведен теоретический расчет компонентов индуктивности контуров вблизи образцов магнитного материала. Подобрано геометрическое расположение контуров, позволяющих диагностировать расположение фибры на глубине до 60 мм. Результаты исследования подтверждают эффективность предложенной методики для применения.

Ключевые слова: сталефибробетон, магнитное поле, неразрушающий контроль

MODELING AND SUBSTANTIATION OF IDENTIFICATION METHODS OF FIBER REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

Matus E.P.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, e-mail: matus_evg@mail.ru

It is shown that to determine the distribution of disperse steel reinforcement in concrete it is expedient to use its electromagnetic properties: the components of the tensor of the magnetic permeability of the material and its electrical conductivity. In the first approximation, these characteristics linearly depend on the reinforcement factor and the orientation coefficient of the reinforcing fibers. An effective method of diagnostics is to measure the components of the inductance matrix of coupled electromagnetic circuits located on the surface of the concrete sample being examined. The optimum frequency of the applied current in the circuits depends on the diameter of the armature and the electrical circuit of the installation. The biggest noise immunity is the electrical circuit, built on the principle of a differential transformer, which compares signals from measuring and reference windings. For each type of valve, calibration should be performed on standard samples. Experimental dependences of the inductance of various circuits with steel fiber reinforced concrete samples on the coefficients of reinforcement and orientation of the fibers, as well as on the thickness of the sample, are obtained. With the help of the finite element method, a theoretical calculation of the inductance components of the circuit near the magnetic material was carried out. The shape of the contour is chosen, which allows diagnosing the location of the fiber on the depth up to 60 mm. The results of the study confirm the effectiveness of the proposed method for use.

Keywords: steel fiber reinforced concrete, magnetic field, nondestructive control

Одной из основных задач в производстве дисперсно-армированных бетонов, в том числе и сталефибробетона, является обеспечение равномерности распределения дисперсной арматуры (фибр) в объеме изделия [1, с. 64]. Для неразрушающего контроля равномерности распределения волокон необходима разработка специальных методик и приборов.

Имеются несколько общих способов контроля, основанных на различных физических принципах [2–4]. Во-первых, это просвечивание рентгеновскими лучами, во-вторых, применение ультразвука и, в-третьих, применение электромагнитного поля низкой частоты. Первый способ требует дорогостоящей аппаратуры, повышенных мер безопасности, наличия возможности расположения излучателя и датчиков с обеих сторон конструкции, не применим в бетоне с высоким значением коэффициента армирования. Использование второго способа затруднительно ввиду большого влияния шероховатости поверхности бетона на распространение ультразвука от излучателя к приемникам и сложностей интерпретации сигналов, прошедших через дисперсную арматуру.

Последний способ наиболее удобен для зондирования сталефибробетона, так как стальные фибры обладают большими значениями магнитной проницаемости и про-

водимости по сравнению с неармированной бетонной матрицей. В работе [5] приведены данные тестирования указанной методики с использованием специальной схемы, моделирующей образец сталефибробетона, установлены зависимости ее электромагнитных характеристик от коэффициента армирования и коэффициента ориентации фибр. Рамки применимости этих результатов ограничены требованием чрезмерной компактности исследуемых экспериментальных образцов.

В работе [6] предложен метод контроля распределения фибр в фибробетоне с применением идеи дифференциального трансформатора, опробованный в условиях опытного производства тонкостенной сталефибробетонной опалубки для ограждающих конструкций помещений электростанций. Разработанный прибор обеспечил уверенную идентификацию параметров фиброзаполнения на глубине до 20 мм в изделии.

Теоретический анализ распределения магнитного поля в материале для данного прибора проведен в [7]. Расчеты подтвердили, что такая схема расположения контуров не позволяет диагностировать распределение фибры на глубине более 20 мм. В настоящей статье автор приводит результаты исследования повышения возможностей диагностики распределения стальных волокон на глубине до 60 мм путем решения задачи управления геометрией расположения электромагнитных контуров измерительной установки.

Изложение и реализация методики

Сталефибробетон считаем средой с однородными магнитными свойствами, усредненными по объему, с характерными линейными размерами, равными (не менее) удвоенному значению длины фибр. В случае расположения фибробетона внутри бесконечно длинного соленоида известно аналитическое выражение для индуктивности элемента этого соленоида [8, с. 24]:

$$L = \mu_{fb} \cdot \mu_0 \cdot n^2 \cdot V, \qquad (1)$$

где μ_{fb} – усредненная величина магнитной проницаемости фибробетона вдоль оси соленоида, μ_0 – магнитная постоянная, n – количество витков на единице длины, V – объем элемента соленоида. В первом приближении можно считать, что магнитная проницаемость фибробетона имеет вид

$$\mu_{fb} = 1 + k \cdot \mu_f \cdot f \cdot c, \qquad (2)$$

где k – коэффициент ориентации волокон вдоль оси соленоида, μ_f – магнитная проницаемость материала фибр, f – коэффициент армирования (доля объема фибр в бетоне), c – численный коэффициент, учитывающий проводимость фибр, их форму и размер.

При диагностике распределения стальных фибр частота тока должна подбираться таким образом, чтобы уменьшить влияние проводимости фибр на измеряемые параметры контуров. Действительно, эксперименты показали [6], что вплоть до частоты 100 кГц на индуктивность контуров влияет в основном магнитная проницаемость волокон. Поэтому для моделирования трехмерного распределения магнитного поля в сталефибробетоне был применен расчетный блок магнитостатических задач в программном комплексе ANSYS.

Катушка длиной 100 мм квадратного сечения со стороной (внутренняя часть) 50 мм с $N = 100$ витков немагнитной проволоки диаметром 1 мм с постоянным током силой $I = 10$А, заполнялась различными комбинациями элементов кубической формы с фибрами (16 элементов с ребром 25 мм). Магнитная проницаемость воздуха 1. Границы области расчета в 500 мм от центра катушки (сфера), граничные условия: тангенциальность магнитного поля. Элементы кубической формы были двух типов. В первом симметрично параллельно расположены 4 стержня квадратного сечения 1 мм^2 длиной 20 мм с постоянным изотропным значением магнитной проницаемости $\mu_{fx} = \mu_{fy} = \mu_{fz} = 100$ (материал элементов немагнитный, $\mu = 1$). Во втором – 9 таких же стержней.

Производился расчет значений магнитной индукции внутри и снаружи катушки, а также значение индуктивности катушки при различных ориентациях фибр. С целью сопоставления были проведены измерения индуктивности катушки с фибробетонными образцами из мелкозернистого бетона размером 40×40×160 мм. Использовались фибры из гладкой низкоуглеродистой стальной проволоки общего назначения длиной 20 мм диаметром 0,35 мм при коэффициенте армирования 0,7, 1,3 и 2,0 %. Фибры подвергались ориентации на стадии формования с помощью магнитного поля, создаваемого этой же катушкой. Коэффициент ориентации подсчитывался после разреза образцов, как отношение среднего количества фибр в сечениях к расчетному значению фибр, находящихся на расстоянии не более половины длины фибры от сечения.

Далее было произведено изменение геометрии расположения тонких катушек, применяемых для диагностики распределения фибр в реальных изделиях, так, чтобы их магнитное поле охватывало более глубокие слои. С этой целью они были разнесены в пространстве, как показано на рис. 1.

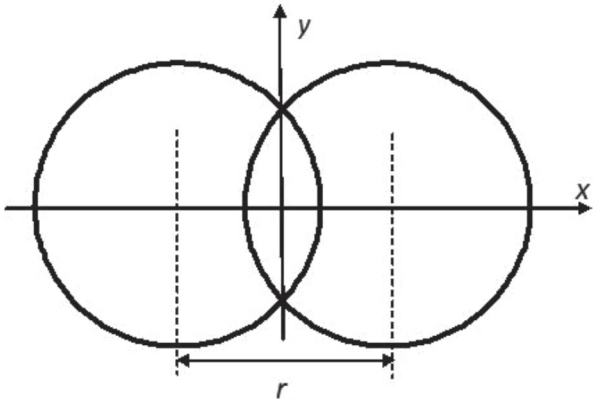


Рис. 1. Расположение катушек для диагностики фибробетона

Катушки располагались горизонтально вплотную друг на друге на поверхности образца толщиной h от 20 до 60 мм (простирающегося до границ расчетной области) с постоянным изотропным значением магнитной проницаемости μ_{fb} от 1 до 10. В каждой катушке $N = 100$ витков немагнитной проволоки диаметром 0,3 мм, радиус катушек $R = 50$ мм. Сила тока $I = 0{,}1$ А. Токи идут по часовой стрелке. Границы области расчета в 1000 мм от начала координат (сфера), граничные условия: вектор индукции касателен к границе. Сходимость решения проверялась сравнением с теоретическими значениями индукции на оси одной тонкой катушки в отсутствии магнетика.

Был произведен расчет значений магнитной индукции во всей области, значений собственных индуктивностей катушек, их взаимной индуктивности и величины магнитного потока через область пересечения катушек.

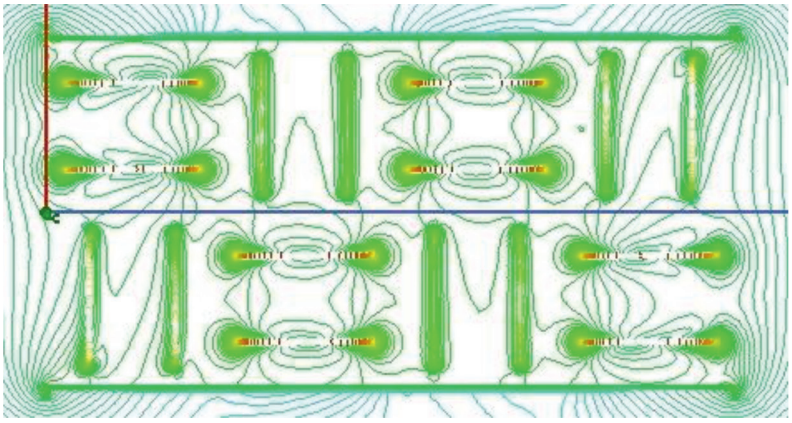
Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 2, а, показан пример результата расчета индукции магнитного поля в катушке квадратного сечения со стальными волокнами, расположенными вдоль и поперек продольной оси катушки (показано продольное сечение катушки, проходящее непосредственно через волокна). Данная конфигурация расположения волокон соответствует коэффициенту армирования 0,006 (0,6% по объему) и коэффициенту ориентации 0,5. Расчет показывает, что индукция магнитного поля значительно увеличивается вблизи поверхности и внутри волокон, имеющих ориентацию в направлении оси катушки. Графики, изображенные на рис. 2, б, подтверждают, что индуктивность катушки с высокой точностью прямо пропорциональна коэффициенту ориентации. Зависимость же индуктивности (а соответственно, и усредненной по объему магнитной проницаемости фибробетона) от коэффициента армирования отклоняется от линейной зависимости на 15% (следует из сравнения отношений коэффициентов армирования и коэффициентов пропорциональности в аппроксимирующих зависимостях), т.е. наблюдается подобие эффекта насыщения.

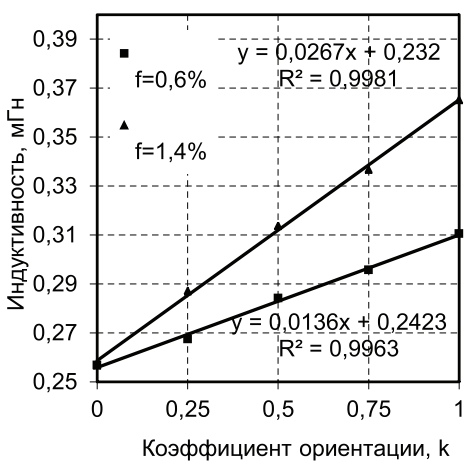
На рис. 2, в, показаны экспериментальные зависимости индуктивности катушки (круглого сечения диаметром 800 мм с 2000 витков проволоки) с образцами фибробетона. Данные зависимости с высокой точностью подтверждают расчетные и теоретические результаты.

На рис. 3, а показан пример расчета индукции магнитного поля, созданного двумя разнесенными контурами, расположенными на поверхности магнитного материала (показан разрез с материалом слева от контуров). Наблюдается изменение изолиний индукции в материале особенно вблизи токов. В области пересечения контуров магнитное поле проникает в материал на глубину с большими значениями индукции до половины толщины образца, далее происходит постепенное выравнивание изолиний. Расчет собственной индуктивности контуров и магнитного потока через область пересечения контуров показал их незначительную зависимость (изменение не более 3%) от толщины материала в диапазоне от 20 до 60 мм. Взаимная индуктивность, наоборот, показала значительное изменение с увеличением толщины материала (рис. 3, б).

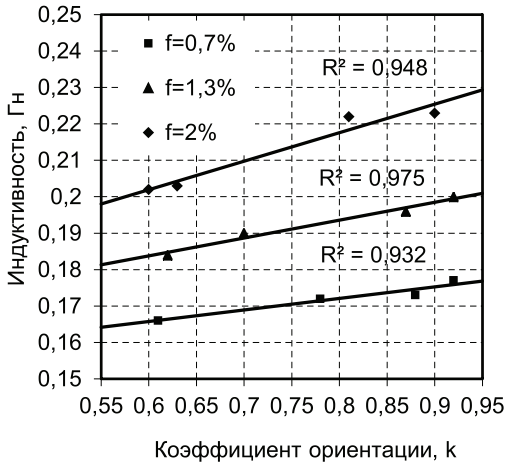
Кроме того, этот параметр сильно зависит от расстояния между катушками (в таблице приведены соответствующие расчетные значения при толщине образца 40 мм). Видно, что наибольшее изменение взаимной индуктивности достигается при расстоянии между центрами катушек (рис. 1) около 70 мм (70% диаметра катушки).



а)



б)



в)

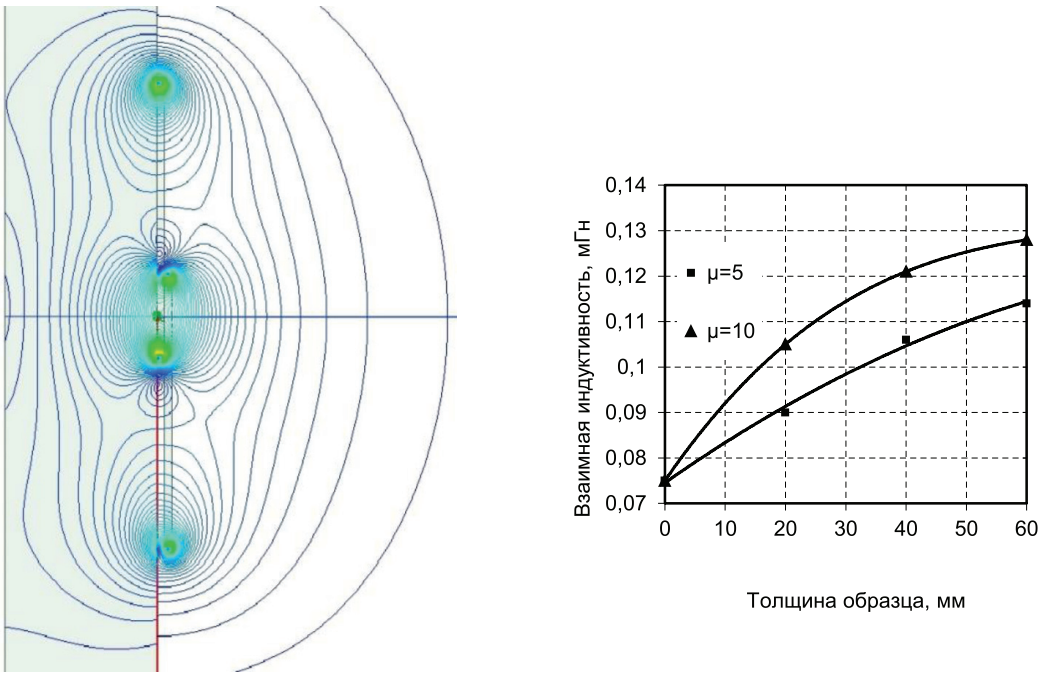
Рис. 2. Катушка индуктивности со сталефибробетоном: а) пример картины изолиний индукции в образце сталефибробетона; б) расчетная индуктивность катушки с образцом сталефибробетона; в) экспериментальные значения индуктивности соленоида

Взаимная индуктивность при различном расположении контуров

Изменяемый параметр	Взаимная индуктивность, мГн					
Расстояние *r*, мм	40	50	60	70	80	90
Магнитная проницаемость $\mu_{fb} = 5$	0,793	0,535	0,309	0,106	–0,076	–0,231
Магнитная проницаемость $\mu_{fb} = 10$	0,871	0,59	0,343	0,121	–0,078	–0,248
Изменение индуктивности, %	9,8	10,2	11,0	14,2	2,6	7,4

Так как взаимная индуктивность при таком расстоянии между катушками принимает минимальные значения, то измерять ее приращение целесообразно по схеме дифференциального трансформатора (рис. 4). При этом идет сравнение сигналов от одинаковых пар катушек – одна пара удалена от магнитных материалов, а вторая находится на поверхности бетона.

Для определения коэффициента армирования фибробетона необходимо вначале откалибровать измерительную схему на специально подготовленных образцах. Следует отметить, что достоверные значения коэффициента армирования будут измерены только при равномерном распределении волокон по толщине изделия, в других случаях можно лишь диагностировать степень равномерности их распределения.



а) *б)*

Рис. 3. Магнитное поле двух разнесенных контуров: а) картина изолиний индукции двух контуров (h = 60 мм, r = 70 мм, μ_{fb} = 10); б) взаимная индуктивность контуров

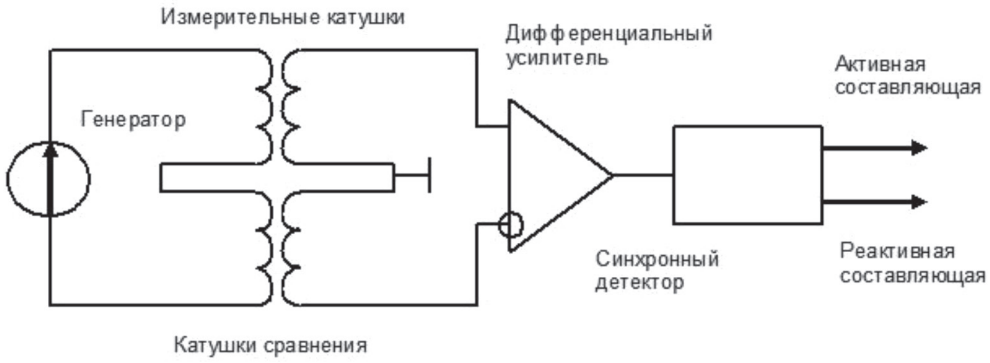


Рис. 4. Приближенная схема детектирования дисперсной арматуры

Заключение

Значение компонентов усредненной по объему магнитной проницаемости сталефибробетона с равномерным распределением фибры прямо пропорционально коэффициенту ориентации и приближенно пропорционально коэффициенту армирования материала. Это позволяет контролировать содержание фибр путем измерения взаимной индуктивности тонких катушек, расположенных на поверхности изделия.

Для диагностики распределения фибр на глубине до 60 мм рекомендовано разносить центры катушек на расстояние 70 % от

их диаметра. Перед измерениями необходимо проведение калибровки на образцах с известным распределением фибр.

Список литературы

1. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технологии и конструкции / Ф.Н. Рабинович. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 560 с.

2. Schnell J., Ackermann F.P., Rösch R., Sych T. Statistical analysis of the fibre distribution in ultra high performance concrete using computer tomography // Proceedings of the second international symposium on UHPC, Kassel. – 2008. – P. 145–152.

3. Пухаренко Ю.В. Об оценке трещиностойкости сталефибробетона ультразвуковым методом / Ю.В. Пухаренко, В.Ю. Голубев, А.О. Хегай // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 9. – С. 50–51.

4. Roussel N., Laetitia M., Franc J. Fiber orientation during casting of UHPFRC: electrical resistivity measurements, image analysis and numerical simulations // Materials and Structures, 2015, No. 48, P. 947–957.

5. Cavalaro S.H.P., Lopez R., Torrents J.M., Aguado A. Improved assessment of fibre content and orientation with inductive method in SFRC // Materials and Structures, 2015, No. 48, P. 1859–1873.

6. Неразрушающий контроль распределения волокон фибры в тонкостенных сталефибробетонных конструкциях / Е.П. Матус [и др.] // Известия вузов. Строительство. – 2016. – № 1. – С. 98–104.

7. Матус Е.П. Магнитный контроль распределения фибр в сталефибробетонных конструкциях / Е.П. Матус, А.В. Морозов, А.А. Шевченко // Вестник СевКавГТИ. – 2017. – № 1. – С. 110–115.

8. Котенёв С.В. Расчет и оптимизация тороидальных трансформаторов / С.В. Котенёв, А.Н. Евсеев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 287 с.

УДК 621.43.01

ДИЗЕЛЬНО-ПАРОВОЙ ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Мельников Е.И., Бердников А.А.

ФГКВОУ ВО «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», Пермь, e-mail: aa-berdnikov@mail.ru

Двигатель внутреннего сгорания широко используется в качестве энергетической установки для транспортных средств и в обозримом будущем не уступит свои позиции. Однако его коэффициент полезного действия очень низкий, поэтому есть необходимость рассмотреть пути его повышения. Анализ существующих традиционных рабочих циклов двигателей внутреннего сгорания показал, что их модернизация ввиду развития современных технологий становится все менее эффективной. Потому возникает необходимость рассмотреть конструкцию двигателя, где можно было бы реализовать другие варианты протекания рабочего цикла, например отключение части цилиндров двигателя, ввод воды в цилиндры, применение нетрадиционных рабочих циклов. В статье предлагается конструкция дизельно-парового двигателя внутреннего сгорания, позволяющая реализовать нетрадиционные циклы. Рассмотрена его работа на различных режимах: дизельном, дизельно-паровом, с отключенным цилиндром. В дизельном режиме работа дизельно-парового двигателя ничем не отличается от работы известных четырехтактных дизелей. В дизельно-паровом режиме рабочий процесс двигателя осуществляется за семь тактов и два оборота коленчатого вала. Применение технического решения позволит повысить эффективность рабочего процесса за счет максимального использования энергии отработавших газов сгоревшего топлива.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, рабочий цикл, семитактный, впрыск воды, теплота

DIESEL-STEAM INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Melnikov E.I., Berdnikov A.A.

Federal State Official Military Establishment of Higher Education «Perm military Institute of National Guard Troops of the Russian Federation», Perm, e-mail: aa-berdnikov@mail.ru

The internal combustion engine is widely used as a power plant for vehicles and will not give way in the foreseeable future. However, its efficiency is very low, so there is a need to consider ways to increase it. Analysis of the existing traditional working cycles of internal combustion engines showed that their modernization in view of the development of modern technologies is becoming less effective. Therefore, there is a need to consider the design of the engine, where it would be possible to implement other options for the flow of the working cycle, for example, the shutdown of the engine cylinders, the introduction of water into the cylinders, the use of non-traditional working cycles. The article proposes the design of the diesel-steam internal combustion engine, which allows to implement non-traditional cycles. Considered his work in different modes: diesel, diesel-steam, disabled cylinder. In diesel mode, the operation of the diesel-steam engine is no different from the work of the famous four-stroke diesel engines. In the diesel-steam mode, the working process of the engine is carried out for seven cycles and two turns of the crankshaft. The application of the technical solution will improve the efficiency of the working process by maximizing the energy of the exhaust gases of the burnt fuel.

Keywords: internal combustion engine, operating cycle, semitaktny, water injection, heat

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) широко используется в качестве энергетической установки для транспортных средств и в обозримом будущем не уступит свои позиции. Однако коэффициент полезного действия (КПД) ДВС значительно ниже того же электродвигателя [1]. Поэтому повышение КПД рабочего цикла ДВС есть немаловажная задача.

Развитие двигателестроения всегда сопровождалось разработкой вопросов теории рабочего процесса и конструкции двигателей. Еще в 1906 г. наш соотечественник В.И. Гриневецкий предложил методику теплового расчета рабочего цикла, которая легла в основу теории процессов ДВС. Тепловой расчет ДВС до сих пор лежит в основе проектирования и анализа рабочих процессов этих двигателей и позволяет еще на стадии проектирования двигателя прогнозировать целесообразность воплощения в «жизнь» того или иного рабочего цикла, проанализировать действительные циклы существующих ДВС. Так вот, анализ существующих традиционных рабочих циклов ДВС показал, что их модернизация ввиду развития современных технологий становится все менее эффективной. Потому возникает необходимость рассмотреть другие варианты протекания рабочего цикла в ДВС. Сегодня рассматриваются, например, такие варианты: отключение части цилиндров двигателя на режимах малых и частичных нагрузок [2, 3]; ввод воды в цилиндры ДВС; применение нетрадиционных рабочих циклов [4]. Все эти методы далеко не новы, они достаточно хорошо исследованы, но тем не менее представляют интерес.

Рассмотрим некоторые преимущества каждого из представленных вариантов.

Отключение части цилиндров двигателя применяют на режимах малых, частичных нагрузок или холостом ходу, когда от двигателя нет необходимости получать большую

мощность. Данный способ повышения эффективности рабочего цикла под собой не подразумевает прямого изменения рабочего цикла, однако позволяет «рабочие» цилиндры двигателя «догрузить» и по скоростной характеристике их эффективную мощность максимально приблизить в область кривой минимального удельного расхода топлива, что повысит эффективность использования теплоты в цилиндрах двигателя. В результате можно добиться экономичности двигателя на 25–30 %, особенно при эксплуатации в городском цикле [5].

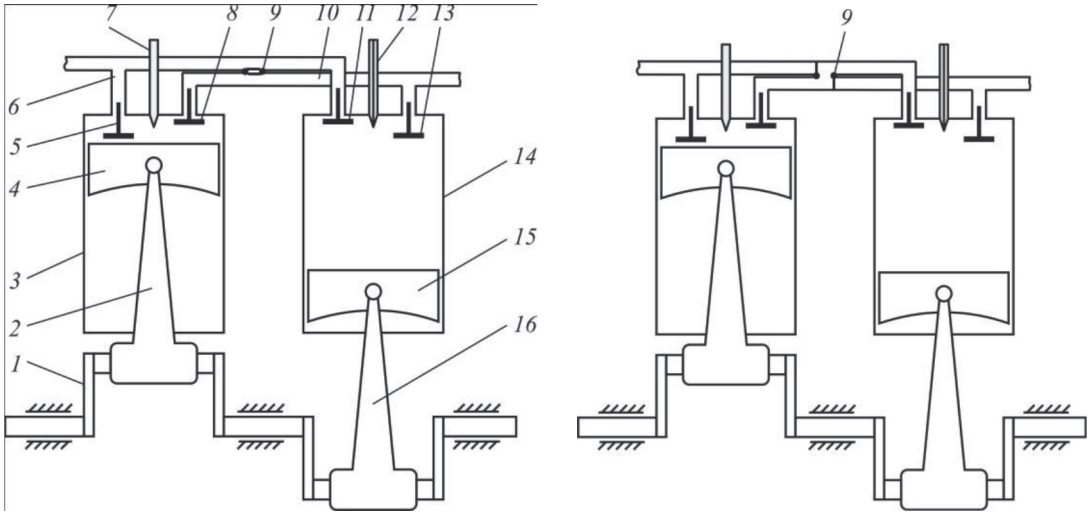
Ввод воды в цилиндры ДВС в мелкораспыленном состоянии вместе с впускным воздухом позволяет охладить воздух, попадающий в двигатель, и впускной коллектор, что способствует повышению коэффициента наполнения. В то же время, попадая в нагретую до 300–600 °С горячую камеру сгорания маленькие капли воды моментально испаряются, превращаясь в пар, который очищает детали цилиндропоршневой группы. При испарении вода расширяется в 1700 раз от своего объема в жидком виде, что создает дополнительное давление на поршень, которое выражается в повышении крутящего момента двигателя. Более того, вода снижает температуру зоны горения, что дает возможность форсировать ДВС по степени сжатия, уменьшить выделение окислов азота [6].

Применение нетрадиционных рабочих циклов способствует максимальному использованию энергии отработавших газов сгоревшего топлива и повышению КПД двигателя.

В статье предлагается рассмотреть конструкцию дизельно-парового ДВС (рисунок), сочетающего все представленные варианты. В качестве прототипа принята конструкция двигателя Чарльза Данкера [7]. Для простоты рассмотрим двухцилиндровый двигатель, в котором можно реализовать дизельный и дизельно-паровой режимы. На самом деле количество цилиндров может быть различное (4, 6, 8 и т.д.), позволяющее создать пары цилиндров для реализации дизельно-парового режима. Как видно из рисунка, двигатель представляет собой обычный двухцилиндровый ДВС, но имеет клапанный механизм 9, позволяющий переводить двигатель на дизельно-паровой режим работы, и комбинированную форсунку 12, которая обеспечивает подачу либо топлива, либо воды в зависимости от режима работы двигателя.

Рассмотрим возможные режимы работы дизельно-парового двигателя.

Дизельный режим. В дизельном режиме работа дизельно-парового двигателя ничем не отличается от работы известных четырехтактных дизелей и включает такты впуска, сжатия, сгорания и рабочего хода, выпуска. Подробно работу на данном режиме рассматривать не будем, так как этот традиционный цикл достаточно хорошо известен. Однако отметим, что процессы на данном режиме будут повторяться в каждом цилиндре 3 и 14 через два оборота коленчатого вала, то есть 720^0 в последовательности, представленной в табл. 1 и 2



а *б*

Дизельно-паровой двигатель внутреннего сгорания: а – дизельный режим; б – дизельно-паровой режим; 1 – коленчатый вал; 2, 16 – шатуны; 3, 14 – цилиндры; 4, 15 – поршни; 5, 11 – впускные клапаны; 6 – впускной коллектор; 7 – форсунка подачи топлива; 8, 13 – выпускные клапаны; 9 – клапанный механизм; 10 – выпускной коллектор; 12 – комбинированная форсунка

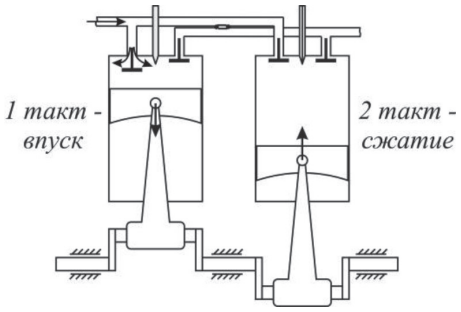
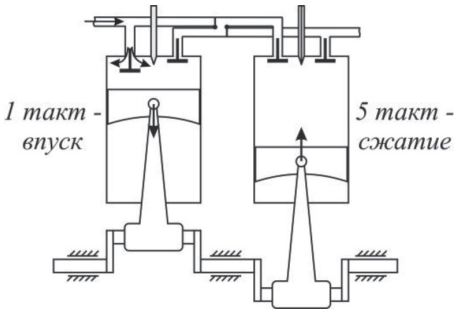
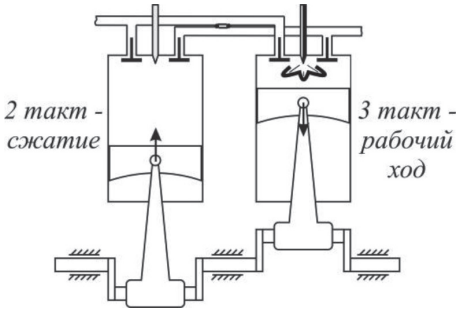
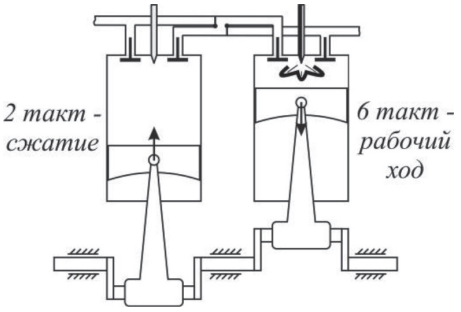
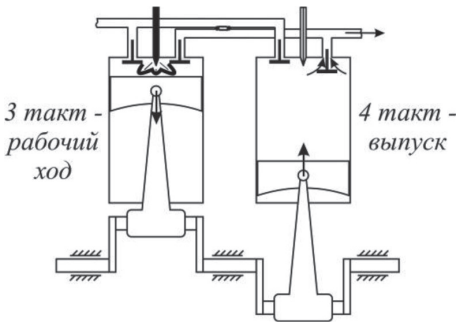
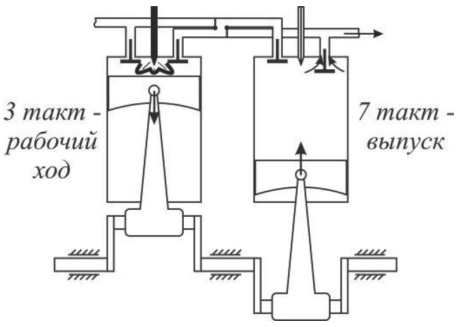
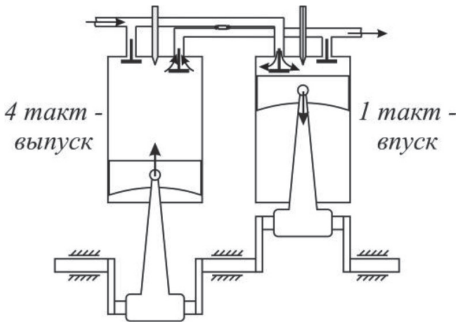
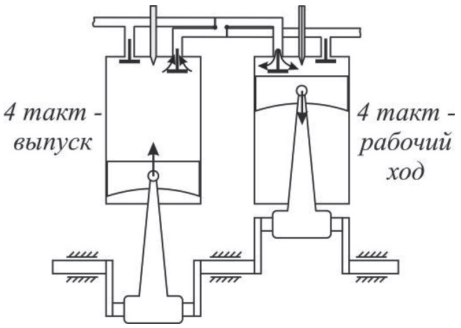
Таблица 1

Процессы, протекающие в цилиндрах ДВС в дизельном режиме

Угол поворота коленчатого вала	Цилиндр 3 (рисунок)	Цилиндр 14 (рисунок)
$0–180^0$	Впуск – первый такт	Сжатие – второй такт
$180–360^0$	Сжатие – второй такт	***Рабочий ход*** – третий такт
$360–540^0$	***Рабочий ход*** – третий такт	Выпуск – четвертый такт
$540–720^0$	Выпуск – четвертый такт	Впуск – первый такт

Таблица 2

Процессы, протекающие в цилиндрах дизельно-парового ДВС

Угол поворота коленчатого вала	Дизельный режим	Дизельно-паровой режим
$0–180^0$		
$180–360^0$		
$360–540^0$		
$540–720^0$		

Дизельно-паровой режим. Работа двигателя в дизельно-паровом режиме осуществляется при переводе клапанного механизма 9 в положение, показанное на рисунке, б. В этом случае открывается путь отработавшим газам из цилиндра 3 в цилиндр 14. Рабочий цикл двигателя в дизельно-паровом режиме осуществляется за семь тактов. При этом процессы, происходящие в цилиндре 3, ничем не отличаются от процессов, происходящих при работе двигателя в дизельном режиме (этот цилиндр всегда работает по дизельному циклу), поэтому первые четыре такта аналогичны дизельному режиму (табл. 2). Однако на четвертом такте выпуск газов осуществляется не в атмосферу, а в цилиндр 14 (рисунок). Рассмотрим все семь тактов рабочего цикла работы двигателя в дизельно-паровом режиме в сравнении с дизельным режимом (табл. 2).

На первом такте впуска ($0–180^0$ поворота коленчатого вала, табл. 2) поршень левого цилиндра перемещается вниз, при этом впускной клапан в цилиндре открыт, а выпускной клапан закрыт – происходит впуск свежего заряда.

На втором такте ($180–360^0$ поворота коленчатого вала табл. 2) поршень левого цилиндра перемещается вверх, при этом впускной и выпускной клапаны закрыты – в цилиндре происходит сжатие, и заряд в цилиндре нагревается. В конце сжатия в цилиндр через форсунку подается дизельное топливо, которое от высокой температуры заряда воспламеняется.

На третьем такте ($360–540^0$ поворота коленчатого вала, табл. 2) происходит расширение газов сгоревшего топлива и происходит рабочий ход – поршень начинает перемещаться вниз, передает усилие через шатун на коленчатый вал. На третьем такте совершается полезная работа отработавшими газами сгоревшего топлива.

На четвертом такте ($540–720^0$ поворота коленчатого вала, табл. 2) поршень левого цилиндра перемещается вверх. При этом открывается выпускной клапан 8 (рисунок), и отработавшие газы через клапанный механизм 9 (рисунок, б), открытый впускной клапан 11 поступают в правый цилиндр (табл. 2), перемещая вниз его поршень, который через шатун передает усилие на коленчатый вал. Таким образом, на четвертом такте совершается полезная работа отработавшими газами – происходит рабочий ход.

На пятом такте ($0–180^0$ поворота коленчатого вала, табл. 2 – такт совершается вместе с первым тактом) поршень правого цилиндра перемещается вверх, при этом впускной и выпускной клапаны его закрыты – происходит сжатие отработавших газов. В конце сжатия через комбинированную форсунку 15 (рисунок) подается вода в мелкораспыленном состоянии, быстро испаряющаяся от высокой температуры отработавших газов.

На шестом такте ($180–360^0$ поворота коленчатого вала, табл. 2 – такт совершается вместе со вторым тактом) происходит расширение испарившейся воды в правом цилиндре, и происходит рабочий ход – поршень начинает перемещаться вниз, передает усилие через шатун на коленчатый вал. На шестом такте совершается полезная работа отработавшими газами и водяным паром.

На седьмом такте ($360–540^0$ поворота коленчатого вала, табл. 2 – такт совершается вместе с третьим тактом) открывается выпускной клапан правого цилиндра, его поршень перемещается вверх, и отработавшие газы с водяным паром выводятся в атмосферу через выпускной коллектор. На выпуске может быть установлен пароотделитель, позволяющий собирать и конденсировать пар для его повторной подачи в цилиндры двигателя.

Таким образом, процессы в дизельно-паровом ДВС в дизельно-паровом режиме будут повторяться каждые два оборота коленчатого вала, то есть 720^0 в последовательности, представленной в табл. 3.

Отметим, что в сравнении с дизельным режимом за два оборота коленчатого вала, то есть 720^0 поворота коленчатого вала в дизельно-паровом режиме совершается три полезных рабочих хода против двух в дизельном режиме (табл. 2). К тому же из трех рабочих ходов два совершаются за счет вытеснения отработавших газов из одного цилиндра в другой и за счет расширения испаряющейся воды, что непременно оказывает влияние на экономичность двигателя.

Режим с отключенными цилиндрами. Данный режим, как уже отмечалось, применяется на режимах малых, частичных нагрузках или холостом ходу, когда от двигателя нет необходимости получать большую мощность. Поэтому отключение цилиндров можно производить при работе ДВС в дизельном режиме по методике, рассмотренной в работе [3]. В частности, из представленной схемы рисунка можно отключать цилиндр 4 путем прекращения в него подачи топлива и воды через форсунку 12. При наличии нескольких пар цилиндров отключаемых цилиндров будет больше. Система отключения форсунки в данной статье не рассматривается, хотя можем заметить, что переключатель форсунки 12 для подачи топлива либо воды может иметь режим полного отключения.

Таблица 3

Процессы, протекающие в цилиндрах ДВС в дизельно-паровом режиме

Угол поворота коленчатого вала	Цилиндр 3 (рисунок)	Цилиндр 14 (рисунок)
$0–180^0$	Впуск – первый такт	Сжатие – пятый такт
$180–360^0$	Сжатие – второй такт	***Рабочий ход*** (расширение пара) – шестой такт
$360–540^0$	***Рабочий ход*** (расширение газов) – третий такт	Выпуск – седьмой такт
$540–720^0$	***Рабочий ход (вытеснение)*** – четвертый такт	

Таблица 4

Процессы, протекающие в цилиндрах ДВС в дизельно-паровом режиме без подачи воды

Угол поворота коленчатого вала	Цилиндр 3 (рисунок)	Цилиндр 14 (рисунок)
$0–180^0$	Впуск – первый такт	Сжатие – пятый такт
$180–360^0$	Сжатие – второй такт	Расширение – шестой такт
$360–540^0$	***Рабочий ход*** (расширение газов) – третий такт	Выпуск – седьмой такт
$540–720^0$	***Рабочий ход (вытеснение)*** – четвертый такт	

Длительная работа двигателя с отключенными цилиндрами приводит к снижению теплового состояния отключенных цилиндров, а также к набрасыванию и накоплению в них смазочного материала. Все это может увеличить механические потери и снижать эффективный КПД двигателя, закоксовывания и залегания поршневых колец и т.д. Устранить эти недостатки можно путем перевода отключенного цилиндра в дизельно-паровой режим, однако без подачи в него воды. В этом случае в цилиндре 14 (рисунок) будет происходить рабочий ход за счет перепуска газов из цилиндра 3 на третьем такте и расширения сжатых газов на шестом такте. Высокая температура отработавших газов при этом будет поддерживать тепловое состояние отключенного цилиндра. Рабочий цикл двигателя в дизельно-паровом режиме без подачи воды будет протекать в последовательности, представленной в табл. 4.

Применение рассмотренного технического решения дизельно-парового ДВС позволит воплотить в «жизнь» все преимущества представленных в статье вариантов повышения эффективности рабочего процесса – это и отключение части цилиндров двигателя, и ввод воды в цилиндры ДВС, и применение нетрадиционного рабочего цикла. Различные режимы работы рассмотренного дизельно-парового ДВС можно обеспечить, переводя его на соответствующий режим работы: по дизельному (табл. 1), по дизельно-паровому циклу (табл. 3), а также с отключенным цилиндром (табл. 4), что приведет к максимально возможному использованию энергии отработавших газов сгоревшего топлива и повышению КПД двигателя.

Список литературы

1. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для втузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

2. Бердников А.А., Мингазов С.Р., Ерошкин М.А., Чуваин С.Н. Система питания двигателя с возможностью отключения части цилиндров // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 3. – С. 20–24.

3. Бердников А.А., Мингазов С.Р., Жуков А.А. Повышение экономических показателей двигателей внутреннего сгорания путем отключения части цилиндров // Современные наукоемкие технологии – 2017. – № 1. – С. 12–16.

4. Тер-Мкртичьян Г.Г. Двигатели внутреннего сгорания с нетрадиционными рабочими циклами: учеб. пособие / Г.Г. Тер-Мкртичьян. – М.: МАДИ, 2015. – 80 с.

5. Грабовский А.А. ДВС с дискретным изменением мощности / А.А. Грабовский // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 1. – С. 8–12.

6. Санников В. Паровой фантом топлива: 6-тактный двигатель Кроуэра // Популярная механика [Электронный ресурс]. – URL: http://www.popmech.ru/technologies/7664-parovoy-fantom-topliva-6-taktnyy-dvigatel-krouera/#full (дата обращения: 15.04.2018).

7. Пат. US2791881 Соединенные Штаты Америки, МПК F01K 23/14. Комбинированный дизельный и паровой двигатель [Текст] / Данкер Ч.Д.; заявитель и патентообладатель Данкер Ч.Д. №US19540437447 19540617; заявл. 14.05.1957; опубл. 17.06.1954.

УДК 676.03:691.178

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРА НА СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО ДРЕВЕСНОЕ ВОЛОКНО, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

[1]Никулина Н.С., [2]Стадник Л.Н., [2]Никулин С.С., [2]Пугачева И.Н.

[1]Воронежский институт ГПС МЧС России, Воронеж, e-mail: nikulina2013@yandex.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: eco-inna@yandex.ru

Данное исследование посвящено рассмотрению возможности использования отходов нефтехимической промышленности в качестве составов для получения древесноволокнистых плит (ДВП). В качестве защитного покрытия предлагается использовать нефтеполимерный модификатор на основе смолы фракции C_9. В работе показано влияние технологических параметров на прочность, водостойкость и разбухание ДВП, модифицированных нефтеполимерной смолой на основе фракции C_9. Для получения экспериментальных образцов плиты ДВП помещали в раствор нефтеполимерной смолы в сольвенте, содержащим 6,0% свинцово-марганцевого сиккатива. Образцы ДВП с нанесенным покрытием подсушивали и проводили термообработку. Подготовленные образцы остужали до комнатной температуры, измеряли массу и проводили проверку качества пропитки. Полученная при проведении эксперимента по полному факторному эксперименту математическая модель имеет вид линейного уравнения. Установлено, что проведение термообработки ДВП оказывает положительное влияние на процесс пропитки, так как способствует образованию более прочного полимерного каркаса, посредством взаимодействия состава с волокнами древесины на высокомолекулярном уровне. В ходе выполнения работы были определены физико-механические свойства образцов и получены математические зависимости свойств от контрольных параметров (температура, концентрация состава и время пропитки). Анализ полученных расчетных и экспериментальных данных показывает хорошую сходимость результатов. Проведенными научными исследованиями подтверждается идея использования для защитной пропитки ДВП смолы на основе фракции C_9.

Ключевые слова: нефтеполимерная смола, пропитка, древесноволокнистая плита, модификация, композиты, планирование эксперимента, показатели

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE MODIFICATOR ON THE PROPERTIES OF MATERIAL CONTAINING WOOD FIBER, USING MATHEMATICAL PLANNING OF THE EXPERIMENT

[1]Nikulina N.S., [2]Stadnik L.N., [2]Nikulin S.S., [2]Pugacheva I.N.

[1]Voronezh Institute State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Voronezh, e-mail: nikulina2013@yandex.ru;
[2]Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: eco-inna@yandex.ru

This study is devoted to the consideration of the possibility of using waste petrochemical industry as compounds for the production of fibreboard (MDF). As a protective coating, it is proposed to use a petroleum polymer modifier based on the C9 fraction resin. The influence of technological parameters on strength, water resistance and swelling (DBF) modified by petroleum resin on the basis of fraction C_9 is shown in the work. To obtain experimental samples, the boards of fiberboard were placed in a solution of an oil-polymer resin in a solvent containing 6.0% lead-manganese desiccant. Samples of coated fiberboard were dried and heat treated. The prepared samples were allowed to cool to room temperature, the mass was measured, and the impregnation quality was checked. The mathematical model obtained in carrying out the experiment on the total factor experiment has the form of a linear equation. It has been established that the thermal treatment of fiberboard has a positive effect on the impregnation process, promotes the formation of a stronger polymeric skeleton, by means of the interaction of the composition with the wood fibers at the high molecular level. In the course of the work, the physicomechanical properties of the samples were determined and the mathematical dependences of the properties on the control parameters (temperature, concentration of the composition and impregnation time) were obtained. Analysis of the calculated and experimental data shows good convergence of the results. Conducted scientific research confirms the idea of using for protective impregnation of fiberboard resin on the basis of fraction C_9.

Keywords: petroleum resin, plates, fiberboard, modification, composites, experiment planning, indicators

Древесноволокнистые плиты (ДВП) представляют собой листовой материал, состоящий из волокон и клеевой массы (связующее). В результате смешения двух основных компонентов и при помощи физико-механического воздействия происходит формирование древесного ковра. В качестве волокон используются древесные отходы различных пород древесины, а также низкосортная древесина или древесные изделия, подлежащие утилизации по причине несоответствия требованиям потребителя к качеству. В свою очередь компонентный состав ДВП будет определять их дальней-

шую область применения: строительство (наружные и внутренние элементы, сельскохозяйственные постройки); элементы корпусной мебели (задние стенки шкафов, полки); автомобиле-, судо- и вагоностроение; производство контейнеров, ящиков и др. Согласно имеющимся данным спрос на продукцию из ДВП с каждым годом будет набирать обороты и к 2030 г. увеличится в 2,5 раза. Это связано с тем, что ДВП при своей экономичной стоимости является высококачественным конструкционным материалом. ДВП изотропны, не растрескиваются, обладают хорошей гибкостью при высоком модуле упругости. В зависимости от способа производства принято различать мягкие, твердые и средней плотности плиты [1, с. 92; 2, с. 35].

В свою очередь комплексная переработка древесины дает возможность предприятиям-изготовителям ДВП оставаться на устойчивой позиции на рынке. Это связано с тем, что для их производства не требуются цельные и качественные заготовки, которые востребованы комбинатами по переработке древесины и производству корпусной мебели из массива. В результате этого используемые отходы являются доступными в экономическом плане, а их переработка позволяет повысить экономическую эффективность лесной и деревообрабатывающей промышленности за счет сокращения лесозаготовок и более полного использования древесных отходов и низкосортной древесины.

Однако, как и любой другой древесный материал (ДСП, ОСП), плиты ДВП имеют свои недостатки. Одними из таких являются: невысокая прочность, водо- и влагостойкость. Для устранения данных недостатков предприятия-изготовители используют связующее с различными видами добавок. Наибольшую популярность получило связующее на основе формальдегидосодержащих смол. В свою очередь с каждым годом все больше ощущается дефицит данного вида связующего и по прогнозам к 2020 г. проблема дефицита составит 980–1200 тыс. тонн.

В связи с этим разрабатываются новые составы, которые будут способны заместить существующие и расширить ассортимент продукции. Так, для повышения прочности и влагостойкости плиты пропитывают маслом, олигомерами из побочных продуктов нефтехимии и др. [3, с. 25; 4, с. 191].

Для повышения эксплуатационных показателей ДВП рекомендуется подвергать защитной обработке, включающей пропитку ДВП нефтеполимерными смолами на основе отходов нефтехимического производства [5, с. 29]. Одним из таких побочных продуктов предприятий нефтехимической промышленности является углеводородная фракция C_9. На её основе в настоящее время в промышленных масштабах освоен выпуск нефтеполимерной смолы, используемой в качестве пленкообразующего в лакокрасочных составах [6, с. 102].

В ранее опубликованных работах [4, с. 185, 5, с. 30] показана возможность использования отходов и побочных продуктов нефтехимической промышленности в качестве пропитывающих составов в производстве модифицированной древесины и, в частности, как защитное покрытие для древесных конструкций. Перспективным направлением по дальнейшему изучению возможных областей применения низкомолекулярных полимеров из побочных продуктов нефтехимии является получение ДВП. Важно при этом отметить, что для этих целей могут быть использованы низкомолекулярные сополимеры из побочных продуктов нефтехимии, которые по своим основным показателям не могут найти применение в производстве лакокрасочных материалов (высокая цветность, наличие опалесценции и др.).

Целью данного исследования является анализ влияния нефтеполимерного модификатора на основе смолы фракции C_9 на свойства ДВП сухого способа производства с использованием математического планирования эксперимента.

Материалы и методы исследования

Для проведения эксперимента использовались образцы ДВП размером 150×75 мм и толщиной 6,0 мм. Подготовленные образцы взвешивались и укладывались в пропиточную ванну, предварительно наполненную раствором нефтеполимерной смолы в сольвенте (содержание свинцово-марганцевого сиккатива ~ 6,0 %). Данный вид пропитки позволяет провести более глубокое проникновение пропиточно-защитного состава в межволоконное пространство плит. Продолжительность пропитки и температура пропитки учитывались согласно плану полного факторного эксперимента. После проведения процесса пропитки образцы подсушивали и подвергали термообработке. Подготовленные плиты охлаждали до комнатной температуры и взвешивали. Определение количества зашедшего модификатора определяли гравиметрическим методом (по изменению массы).

Для анализа эффективности пропитки были выбраны следующие факторы: температура пропитывающего состава (V_1), концентрация нефтеполимерной смолы в сольвенте (V_2) и продолжительность пропитки (V_3). Правильность выбора данных факторов была подтверждена результатами предварительных исследований. В качестве функции отклика выбраны: прочность при изгибе, МПа; водопоглощение (через 24 ч), %; разбухание по толщине (через 24 ч), %.

Результаты исследования и их обсуждение

С использованием метода полного факторного эксперимента [7, с. 137] проводили исследование заданных факторов. Опыты проводили на верхнем и нижнем уровне варьирования факторов. Выполняли 8 опытов ($N = 2^3$), которые включали все возможные комбинации этих уровней (табл. 1).

Для нахождения дисперсии воспроизводимости опыты дублировали и выполняли в случайном порядке. Дисперсия воспроизводимости $S^2_y = 0{,}337$. При выполнении полного факторного эксперимента была получена математическая модель имеющая вид линейного уравнения. Далее были найдены коэффициенты регрессии и определена их значимость с помощью критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05 и числа степеней свободы дисперсии воспроизводимости равном 8, значение критерия Стьюдента 2,31. Тогда уравнение, описывающее влияние вышеперечисленных факторов на прочность при изгибе, приобретает вид

$$Y = 36{,}15 + 1{,}40x_1 + 4{,}34x_2 + 2{,}36x_3 + \\ +1{,}09x_1 \cdot x_2 - 1{,}19x_1 \cdot x_3 + 1{,}85x_2 \cdot x_3. \quad (1)$$

С использованием критерия Фишера была проведена проверка пригодности математической модели для описания изучаемого объекта. Дисперсия адекватности составила $S^2_{ад.} = 9{,}477$. Полученное отношение дисперсии адекватности к воспроизводимости (1,41) меньше критерия Фишера (5,30), и это говорит о том, что модель адекватна.

В натуральных значениях факторов уравнение имеет вид

$$Y = 27{,}377 - 0{,}060V_1 - 0{,}025V_2 + 0{,}037V_3 + \\ +0{,}002V_1 \cdot V_2 - 0{,}001V_1 \cdot V_3 + 0{,}002V_2 \cdot V_3. \quad (2)$$

Анализ полученных уравнений (1) и (2) показал, что наибольшее влияние на прочностные показатели пропитанной ДВП оказывают все три фактора. Парные взаимодействия оказывают менее сильное влияние. Высокие значения показателя прочности модифицированной ДВП (36,15 МПа) достигаются при условии, когда все факторы зафиксированы на основном уровне (температура пропитывающего состава 50 °С, концентрация нефтеполимерной смолы в сольвенте 32,5 %, продолжительность пропитки 75 с).

Не менее важным было оценить влияние вводимого в ДВП модификатора на водопоглощение (через 24 ч), %, и разбухание их по толщине (через 24 ч), %. Полученные уравнения 3, 4, 5, 6 представлены ниже.

После вычисления коэффициентов регрессии и определения их значимости с помощью критерия Стьюдента уравнение (3) зависимости водопоглощения от исследуемых факторов приобретает вид

$$Y = 14{,}34 - 0{,}42x_1 - 1{,}01x_2 - 0{,}69x_3. \quad (3)$$

С помощью критерия Фишера была проведена проверка пригодности математической модели для описания изучаемого объекта. Дисперсия адекватности составила $S^2ад. = 0{,}081$. Отношение дисперсии адекватности к воспроизводимости составило 0,24. Значение критерия Фишера 3,80. Полученные значения говорят о том, что модель адекватна.

Таблица 1

Матрица планирования полного факторного эксперимента

№	x_1	V_1	x_2	V_2	x_3	V_3	y_1	y_2	$y_{ср.}$
1	–1	20	–1	10	–1	30	29,5/15,8/14,0	30,6/16,7/14,9	30,1/16,3/14,5
2	+1	80	–1	10	–1	30	32,1/15,4/12,8	33,0/16,1/13,7	32,6/15,8/13,3
3	–1	20	+1	55	–1	30	31,9/13,9/12,1	32,8/15,0/12,9	32,4/14,5/12,5
4	+1	80	+1	55	–1	30	39,8/13,2/11,3	40,6/14,1/12,1	40,2/13,7/11,7
5	–1	20	–1	10	+1	120	31,4/13,5/12,5	32,0/14,4/13,6	33,0/15,5/13,6
6	+1	80	–1	10	+1	120	32,6/15,1/13,2	33,3/15,8/14,0	31,7/14,0/13,1
7	–1	20	+1	55	+1	120	43,2/12,6/10,1	44,1/13,2/10,9	43,7/12,9/10,5
8	+1	80	+1	55	+1	120	45,5/12,0/10,0	46,1/12,7/10,8	45,8/12,4/10,4

Примечания: x_1, V_1 – температура пропитывающего состава, °С; x_2, V_2 – концентрация нефтеполимерной смолы в сольвенте, %; x_3, V_3 – продолжительность пропитки, с; y – функция отклика: прочность при изгибе, МПа / водопоглощение, % / разбухание, %; x_1, x_2, x_3 – кодированные значения факторов; V_1, V_2, V_3 – натуральные значения факторов.

В натуральных значениях факторов уравнение имеет вид

$$Y = 17,649 - 0,014V_1 - 0,045V_2 - 0,015V_3. \quad (4)$$

Анализ полученных уравнений (3) и (4) показал, что на водопоглощение пропитанной ДВП оказывают влияние все три фактора. Парные взаимодействия оказываются незначимыми. Водопоглощение модифицированной ДВП составляет 14,34 %, при условии, когда все факторы зафиксированы на основном уровне (температура пропитывающего состава 50 °С, концентрация нефтеполимерной смолы в сольвенте 32,5 %, продолжительность пропитки 75 с).

После вычисления коэффициентов регрессии и определения их значимости с помощью критерия Стьюдента уравнение (5) зависимости разбухания от одновременного действия изучаемых факторов приобретает вид:

$$Y = 12,43 - 1,16x_2 - 0,55x_3. \quad (5)$$

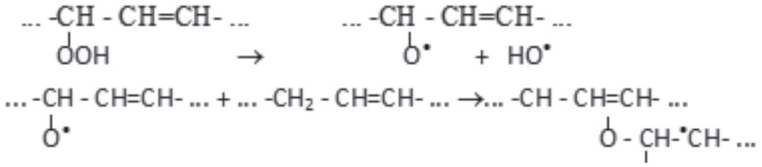
Пригодность математической модели для описания изучаемого объекта проверяли с помощью критерия Фишера. Определяли дисперсию адекватности $S^2_{ад.} = 0,365$. Отношение дисперсии адекватности к дисперсии воспроизводимости равно 0,98, что меньше критерия Фишера, который составляет 3,70. Следовательно, полученная модель адекватна.

В натуральных значениях факторов уравнение имеет вид

$$Y = 15,022 - 0,052V_2 - 0,012V_3. \quad (6)$$

Полученные уравнения (5) и (6) показывают, что наибольшее влияние на разбухание модифицированной ДВП оказывают два фактора – концентрация нефтеполимерной смолы в сольвенте и продолжительность пропитки в исследованных интервалах варьирования. Парные взаимодействия оказываются незначимыми. Разбухание пропитанной ДВП составляет 12,43 %, при условии, когда все факторы зафиксированы на основном уровне (температура пропитывающего состава 50 °С, концентрация нефтеполимерной смолы в сольвенте 32,5 %, продолжительность пропитки 75 с).

Для ускорения процессов структурирования и получения прочного полимерного каркаса проводили термообработку модифицированных ДВП при температуре 160 °С в течение 5 часов. Реакции, протекающие с участием кислорода воздуха, интенсивно идут в поверхностных слоях. Ограниченность доступа кислорода вглубь композита уменьшает долю окислительных процессов, возрастающую роль приобретают реакции высокотемпературной полимеризации. Эту реакцию активируют различные радикалы, присутствующие в системе ($R^•$, $RO^•$, $ROO^•$)



Процесс пленкообразования неизбежно сопровождается окислительной деструкцией, в результате которой образуются соединения, содержащие кислородсодержащие функциональные группы (карбонильные, карбоксильные, гидроксильные). Это приводит к возрастанию содержания функциональных групп, способных взаимодействовать с активными группами лигнина и целлюлозы. Вероятность протекания таких процессов особенно велика в поверхностных слоях, в условиях формирования пленки с большим доступом кислорода воздуха. Образующийся пространственно-структурированный каркас и его химическая связь с древесным волокном придает ДВП не только повышенные гидрофобные свойства, но и прочностные показатели. Содержание нефтеполимерной смолы в ДВП в зависимости от технологических условий проведения процесса пропитки и последующей термообработки изменялось в достаточно узком интервале с преимущественным содержанием от 11,2 до 15,8 % от массы плиты.

Для оценки эффективности пропитки и защитной обработки ДВП необходимо сопоставить полученные данные с близким аналогом – талловым маслом. Для этого была проведена пропитка ДВП талловым маслом, содержание которого составило 10,7 %. Анализ полученных значений показал, что образцы ДВП, модифицированных смолой на основе фракции C_9, имеют более высокие физико-механические показатели по сравнению с образцами, пропитанными талловым маслом (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные и экспериментальные показатели модифицированных ДВП

Наименование показателя	ДВП с талловым маслом	ДВП со смолой на основе фракции C_9
Прочность при изгибе, МПа	32,7	39,4
Водопоглощение,%	18,9	14,3
Разбухание по толщине за 24 ч,%	13,2	11,6

Примечание. Содержание таллового масла 10,7% мас. Содержание смолы 13,8%.

Заключение

В ходе проведения экспериментов были получены математические зависимости прочности при изгибе, водопоглощения и разбухания модифицированных ДВП от температуры, концентрации пропитывающего раствора и продолжительности пропитки. Показано, что образцы, пропитанные смолой на основе фракции C_9, по своим показателям превосходят образцы ДВП, модифицированные талловым маслом, используемым в промышленных масштабах. Расчетные и экспериментальные данные имеют удовлетворительную сходимость. Таким образом, смола на основе фракции C_9 может быть рекомендована для модификации ДВП.

Список литературы

1. Ormondroyd G.A., Stefanowski B. Fibreboards and their applications wood composites. Wood composites, 2015, vol. 54, pp. 91–102.

2. Hiroshi Yoshihara, Masahiro Yoshinobu. Measurement of the in-plane shear modulus of medium-density fibreboard by torsional and flexural vibration tests. Measurement, 2015. vol. 60, pp. 33–38.

3. Угрюмов С.А. Оценка свойств модифицированных фенол-формальдегидных олигомеров и древесных плит на их основе / С.А. Угрюмов, А.В. Осетров, А.В. Свиридов // Клеи. Герметики. Технологии. – 2014. – № 10. – С. 24–26.

4. Клёсов А.А. Древесно-полимерные композиты / А.А. Клёсов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 736 с.

5. Черная А.Н. Модификация нефтеполимерной смолы из фракции C_9 вторичным пенополистиролом и ее применение для защитной обработки древесины / А.Н. Черная, С.С. Никулин // Химическая промышленность сегодня. – 2009. – № 4. – С. 28–33.

6. Дмитренков А.И. Модификация нефтеполимерной смолы из фракции C_9 отходами бутадиен-стирольного каучука и её применение для защитной обработки ДВП / А.И. Дмитренков, О.Н. Филимонова, Г.Ю. Вострикова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2013. – № 4. – С. 97–105.

7. Грачев Ю.П. Математические методы планирования эксперимента / Ю.П. Грачев, Ю.М. Плаксин. – М.: ДеЛи-Принт, 2005. – 296 с.

УДК 519.25

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Новгородцева Т.Ю., Иванова Е.Н., Лесников И.Н., Родионов А.В., Каланда Ю.В.
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск, e-mail: nfyz-31@mail.ru

Часто для решения актуальных управленческих задач в процессе принятия решений используются экспертные методы. После проведения опроса группы экспертов осуществляется обработка результатов с целью получения обобщенных данных и новой информации, содержащейся в скрытой форме в экспертных оценках. Для такой обработки целесообразно использование статистических методов обработки экспертных оценок для повышения достоверности результатов. При этом используемые статистические методы отличаются большим разнообразием. Создание общей технологии применения статистических методов стандартизирует процесс обработки экспертных оценок для разного класса задач. В статье проводится классификация методов экспертных оценок и рассматривается область их применения при решении задач, возникающих в рамках образовательного процесса. Выделены перспективные направления использования методов экспертных оценок в сфере образования. Сформулированы критерии применения методов экспертных оценок с точки зрения задач образовательного процесса. Разработаны этапы построения модели поддержки принятия решения на основе статистических методов. Приведен пример решения образовательной задачи. Применение предложенной технологии позволяет избежать ошибок в выборе статистических методов при использовании различных наборов данных, а также повышает обоснованность принимаемых решений.

Ключевые слова: экспертные оценки, методы экспертных оценок, модель, моделирование, образование, статистика

APPLICATION OF THE STATISTICAL PROCESSING EXPERT ESTIMATES FOR DECISION OF TOPICAL OBJECTIVES THE EDUCATION

Novgorodtseva T.Yu., Ivanova E.N., Lesnikov I.N., Rodionov A.V., Kalanda Yu.V.
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Irkutsk State University», Irkutsk, e-mail: nfyz-31@mail.ru

Often, for solving urgent management tasks in the decision-making process, ex-pert methods are used. After conducting a survey of a group of experts, the results are processed in order to obtain generalized data and new information contained in a hidden form in expert assessments. For such processing it is expedient to use statistical methods for processing expert estimates to improve the reliability of the results. At the same time, the statistical methods used are very diverse. The creation of a common technology for the application of statistical methods standardizes the process of processing expert estimates for a different class of tasks. In the article, classification of methods of expert assessments is conducted, and the scope of their application is considered in solving problems arising in the educational process. Prospective directions of using methods of expert assessments in the field of education are highlighted. The criteria for applying the methods of expert assessments from the point of view of the tasks of the educational process are formulated. This model has been developed to build a decision support model based on statistical methods. The example of solving the educational problem is given. The application of the proposed technology allows to avoid errors in the choice of statistical methods when using different data sets, and also increases the validity of the decisions made.

Keywords: expert assessments, methods of expert assessments, model, modeling, education, statistics

Результативность деятельности любого образовательного учреждения основывается прежде всего на верно принятых управленческих решениях. Решение – это выбор альтернативы действия. Принятые решения отражаются на всей деятельности образовательного учреждения [1]. С целью повышения обоснованности принимаемых решений в сфере образования необходимо использовать как формализованные методы, так и методы, основанные на аргументированных суждениях специалистов – экспертов.

Необходимость и актуальность разработки технологии применения статистических методов для решения управленческих задач образовательного учреждения обосновывается:

– наличием широкого спектра задач, требующих применения методов экспертных оценок (оценка качества образования, аттестация персонала, лицензирование, экспертиза учебных программ, планов и т.д.);

– необходимостью стандартизации методов сбора и обработки экспертной оценки;

– отсутствием типовых технологий поддержки принятия решений на основе статистических методов обработки экспертных оценок.

Цель исследования

Разработка типовой технологии применения статистических методов обработки экспертных оценок в процессе решения различных управленческих задач, возникающих в учебно-воспитательном процессе.

Классификация методов экспертных оценок

Признак	Индикатор	Методы
По исходной информации	Количественные	Непосредственная численная оценка альтернатив, метод средней точки, метод Акоффа – Чёрчмена (последовательное сравнение), метод Фон Неймана – Моргенштерна (метод лотерей)
	Качественные	Парное сравнение, множественное сравнение, ранжирование, векторы предпочтений
	Смешанные	Все вышеперечисленные методы
По технике проведения	Индивидуальные	Метод интервью, аналитический метод, анкетирование
	Коллективные	Метод Дельфи, метод «мозговой атаки», метод сценариев, дерево целей, метод комиссий
По цели использования	Организация экспертной группы	Метод самооценки, метод взаимной оценки
	Ранжирование	Ранжирование, непосредственная численная оценка альтернатив, метод Акоффа – Чёрчмена (последовательное сравнение)
	Проверка согласованности экспертов	Коэффициент конкордации, коэффициент вариации

Материалы и методы исследования

Существуют различные подходы к классификации методов экспертного анализа. В частности, в работах А.И. Орлова [2], В.В. Колбина [3], Д.С. Набатова [4] различают методы как по имеющейся исходной информации, так и по технике проведения исследования. В работе С.А. Айвазян [5] основным принципом классификации методов является «цель решаемой задачи». На основе проведенного анализа существующих подходов построена обобщенная классификация методов (таблица).

На основании общей классификации в работе выделен ряд методов экспертных оценок, позволяющих выполнять статистическую обработку оценок данных экспертами: метод самооценки выбран в качестве метода формирования таблицы исходных данных; медиана и метод ранжирования используется для упорядочения средних оценок (объектов); проверка согласованности мнений осуществляется с помощью коэффициентов корреляции Спирмена, конкордации и вариации. Применительно к решению задач, возникающих в образовательном процессе, предлагается учитывать следующие параметры, приведенные на рис. 1.

В качестве перспективных направлений использования методов экспертных оценок в сфере образования выделены следующие:

1. Научное обоснование: критериев оценки сформированной компетенции; вновь создаваемых служб (подразделений, клубов и т.п.); разрабатываемых дисциплин (факультативов, курсов и т.д.); оценки качества образовательных услуг.

2. Разработка стратегии развития образовательного процесса; внедрение инновационных технологий; анализ образовательных проектов и программ; формирование портфеля проектов (мероприятий, программ и т.д.); определение перспектив педагогического процесса; повышение авторитета педагога и престижа педагогической профессии.

3. Поддержка принятия управленческих решений, в частности оценка риска принимаемых решений; оценка альтернативных решений и определение наиболее предпочтительных вариантов организации образовательного процесса; анализ результатов и последствий педагогического процесса; выявление сильных и слабых сторон педагогического процесса.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе типовых этапов проведения экспертного анализа предлагается следующая последовательность действий для построения модели поддержки принятия решений на основе методов статистической обработки экспертных оценок (рис. 2).

1. Постановка задачи (формулировка цели и задач исследования).

2. Сбор исходных данных и их предварительная обработка (на основании проведенного опроса или интервью, анкет формируется таблица исходных данных, анализируется достаточность информации, качество заполнения анкет).

3. Выбор метода обработки данных (применяемые методы позволяют обрабатывать как количественные, так и качественные оценки, проводить упорядочение объектов по степени их предпочтения, оценивать согласованность мнения экспертов).

4. Построение модели вида

$$Y = \{R_i, r_{jk}\ W, V\},$$

где R_i – есть искомая величина – вектор ранжированных объектов, $i = \overline{1,n}$, n – число объектов; r_{jk} – матрица ранговых коэффициентов корреляции, характеризующая тесноту связи между мнениями экспертов (данная формула применима в случае наличия связанных рангов):

$$r_{jk} = \frac{\frac{n^3 - n}{6} - \sum_{j=1}^{n} d_{jk}^2 - T_x - T_y}{\sqrt{\left[\frac{n^3 - n}{6} - 2T_x\right]\left[\frac{n^3 - n}{6} - 2T_y\right]}},$$

где j и $k = \overline{1,m}$; m – число экспертов; $T_x = \frac{1}{12}\sum_{i=1}^{p_r}(t_i^3 - t_i)$, $T_y = \frac{1}{12}\sum_{i=1}^{p_r}(t_i^3 - t_i)$, p_r и p_s –

число групп связных рангов соответственно у признаков X и $У$; t_i – число связных рангов в i-й группе.

Оценка согласованности мнений экспертов осуществляется с помощью коэффициентов конкордации – W (со связными рангами) и вариации – V. Алгоритмы расчета следующие:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} X_{ij} - \frac{m(n+1)}{2}\right)^2}{\frac{1}{12}m^2(n^3-n) - m\sum_{j=1}^{m} T_j},$$

где $T_j = \frac{1}{12}\sum_{i=1}^{k_j}(t_{ij}^3 - t_{ji})$; k_i – количество групп связных рангов j-го признака; t_{ij} – число одинаковых рангов, которые присваивает разными объектам j-й эксперт.

$$V = \frac{\hat{\sigma}}{\hat{y}_э} \cdot 100\%,$$

где $\hat{\sigma}$ – среднее квадратичное отклонение, $\hat{y}_э$ – среднее значение оценок.

Оценка значимости коэффициента конкордации проводится критерием χ – квадрат (формула с учетом связных рангов):

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12}mn(n+1) - \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{m}\sum_{t_j}(t_j^3 - t_j)}.$$

5. Анализ и интерпретация результатов моделирования (позволяет выделить объекты в зависимости от цели исследования и более обоснованно принять решение).

Формирование набора характеристик (аргументов) осуществляется по следующему правилу: в состав характеристик входят аргументы со значением

$$A_i \geq M + \sigma,$$

где A_i – оценка i-го признака (количество повторов аргумента); i – номер признака (аргумента) $i = \overline{1,n}$; n – общее количество аргументов; M – медиана; σ – стандартное отклонение.

Выходной информацией является список аргументов:

$$A = \{a_1, a_2, ..., a_k\}, k < n.$$

Рассмотрим данную технологию на примере решения задачи выбора педагогического состава для мероприятия «День самоуправления в школе». Целями его являются популяризация профессии учителя, возможности проявить творческие, организаторские, лидерские способности учащихся. Как правило, процесс подбора кандидатов на роли дня самоуправления является стихийным: иногда используется процедура самовыдвижения, иногда сам учитель назначает кандидатуру. Не всегда это оправдано и не дает ожидаемых результатов, как с точки зрения самого процесса проведения мероприятия, так и с точки зрения участников мероприятия. Требуется обосновать подбор кандидатур на роли учителей, администрации «Дня самоуправления в школе» [6].

В качестве экспертов выбраны 40 учеников из школ Иркутской области (г. Ангарска и п. Юбилейный).

Сбор данных произведен с помощью метода анкетирования. Анкета состоит из 10 вопросов: 2 вопроса общих, 4 вопроса об отношении респондентов ко дню самоуправления, 4 вопроса о личностных и профессиональных качествах педагогического состава. Обработка результатов происходит по двум видам качеств педагога.

По итогам проведенного анкетирования получены следующие результаты:

1. В опросе приняло участие 8 школ Иркутской области.

2. Большинство респондентов находятся в возрастной категории 15–16 лет и обучаются в старшем звене.

3. Из опроса респондентов выявлено, что в дне самоуправления должны участвовать ученики 9–11 классов, а также не важен пол ученика в роли преподавателя.

4. Критерием по важности в должности учителя учащиеся выбрали наличие интересного материала для преподавания.

5. В проведенном опросе участники проголосовали за самостоятельный выбор предмета.

6. Характеристики модели педагогического состава по личным качествам:

– на основании ранжирования наибольшее предпочтение получили аргументы: терпеливость, доброжелательность, ответственность. Другими словами, экспертам важно отношение педагога к своим обучающимся;

– анализ парных коэффициентов ранговой корреляции позволил выделить шесть человек или 15% экспертов, имеющих мнение отличное от большинства, следовательно, теснота связи между мнениями экспертов высокая (значение уровня коэффициента Спирмена в интервале от 0,5 до 0,8);

– коэффициент конкордации Кэндалла составил 0,7, что свидетельствует об уровне выше среднего согласованности мнений экспертов. Статистическая надежность коэффициента оценена с использованием критерия Хи-квадрат при уровне значимости 0,05 (доверительная вероятность p = 0,95);

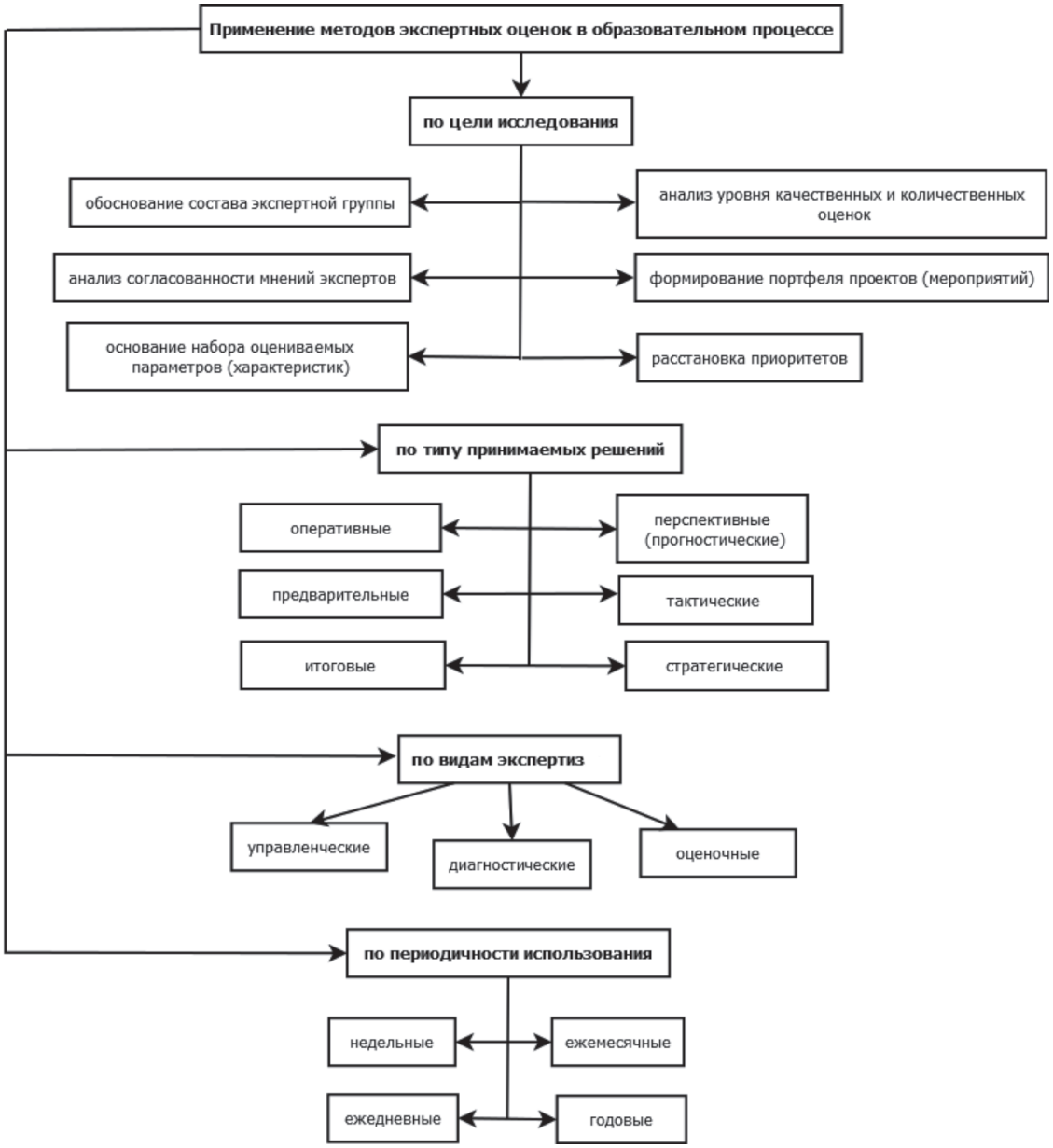


Рис. 1. Критерии применения методов экспертных оценок с точки зрения задач образовательного процесса

– уровень значений коэффициентов вариации аргументов не позволил однозначно говорить об однородности мнений экспертов, в частности такие аргументы, как скромность, нравственность, требовательность, исполнительность, показали уровень коэффициента вариации больше 30%. Тем не менее большинство анализируемых аргументов (доброжелательность, креативность, коммуникабельность, уравновешенность, ответственность, оптимистичность, терпеливость, отзывчивость) имеют коэффициент вариации до 33%, что позволило сделать выводы, что однородность мнений экспертов высока.

7. Характеристики модели педагогического состава по профессиональным качествам:

– на основании ранжирования наибольшее предпочтение получили аргументы: уметь объяснять, умный, ответственный. Иначе говоря, экспертам важно качество объяснения информации;

– анализ парных коэффициентов ранговой корреляции позволил выделить: пятнадцать человек, или 37,5% экспертов, имеют мнение отличное от большинства, следова-

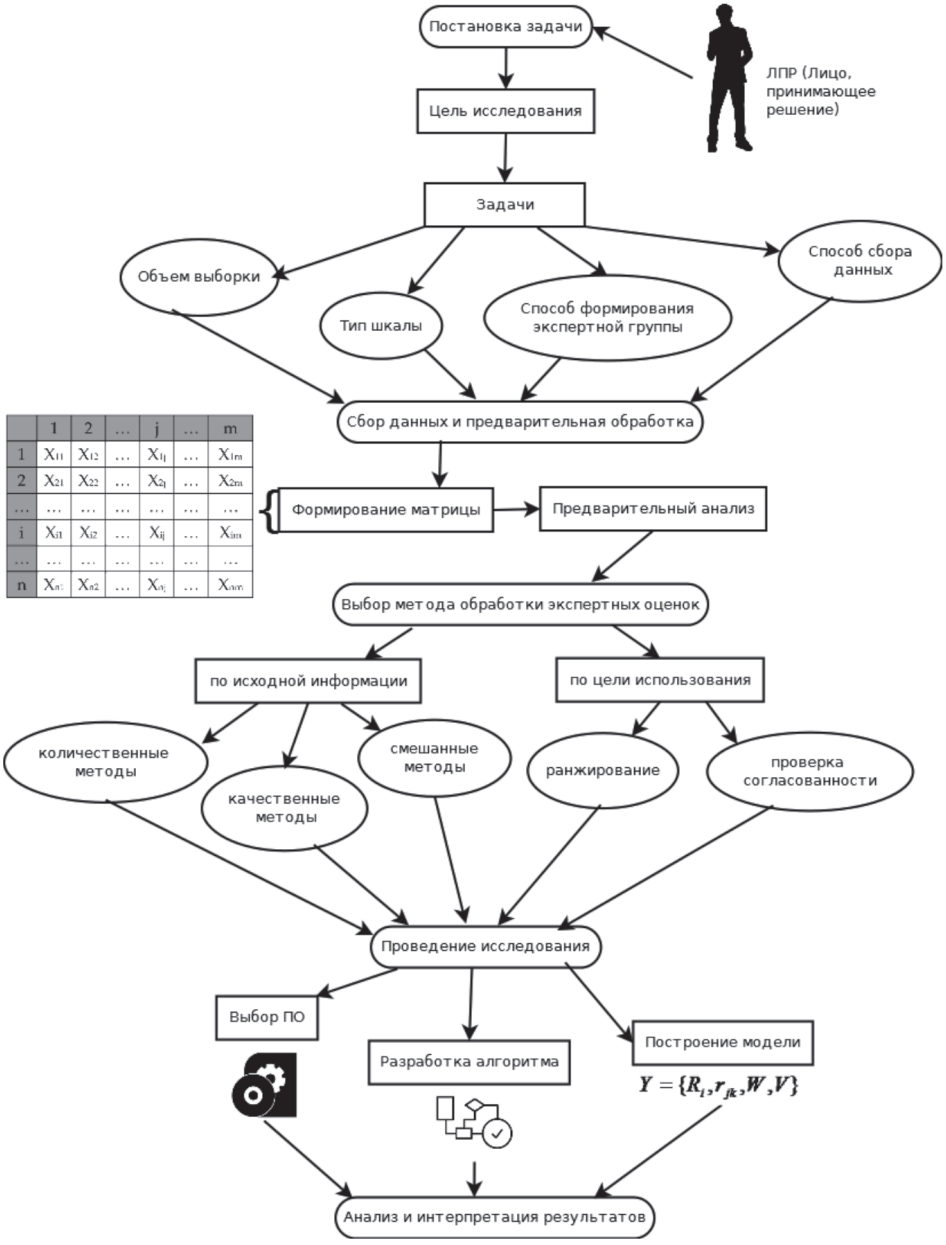


Рис. 2. Этапы построения модели поддержки принятия решения на основе статистических методов

тельно, теснота связи между мнениями экспертов высокая (значение уровня коэффициента Спирмена в интервале от 0,5 до 0,8);

– коэффициент конкордации Кэндалла составил 0,66, что свидетельствует об уровне выше среднего согласованности мнений экспертов. Статистическая надежность коэффициента оценена с использованием критерия Хи-квадрат при уровне значимости 0,05 (доверительная вероятность p = 0,95);

– уровень значений коэффициентов вариации аргументов не позволил однозначно говорить об однородности мнений экспертов, в частности такие аргументы, как симпатичный, нравственный, организаторские способности, иметь авторитет, лидер, компетентный, оратор, показали уровень коэффициента вариации больше 30%. Тем не менее большинство анализируемых аргументов (активист, креативный, коммуникабельный, уравновешенный, уметь объяснять, ответственный, умный, любить предмет, оптимистичный) имеют коэффициент вариации до 33%, позволил сделать выводы, что однородность мнений экспертов высока, то есть эксперты схожи в своих суждения по данному вопросу.

Заключение

Использование предложенной в работе технологии статистической обработки экспертных оценок позволяет стандартизировать процесс принятия управленческих решений для разных задач, избежать ошибок в выборе статистических методов при использовании различных наборов данных, а также повышает обоснованность принимаемых решений за счет:

– применимости технологии к решению широкого класса задач, без ограничения на размер исходных данных, количество экспертов, признаков и пр.;

– применения различных статистических методов к решаемой задаче, что позволяет повысить объективность получаемых выводов;

– использования «классических» статистических методов и возможности применения стандартного программного обеспечения для расчетов (в частности, Excel, Statistica), что понижает «порог входа» и делает доступным применение технологии широкому кругу пользователей. Однако целесообразным является создание специализированного программного продукта для поддержки принятия управленческих решений в образовательных учреждениях.

Также следует отметить то, что методы экспертных оценок позволяют дополнить информацию, необходимую для подготовки и принятия управленческих решений, но ни в коем случае не заменяют их и не допускают «механических» принятий решений только на их основе.

Список литературы

1. Патрахина Т.Н. Менеджмент в образовании: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. / Т.Н. Патрахина. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2014. – 123 с.

2. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений: учебник / А.И. Орлов. – М.: КНОРУС, 2010. – 568 с.

3. Колбин В.В. Методы принятия решений / В.В. Колбин. – М.: Лань, 2016. – 640 с.

4. Набатова Д.С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: учебник и практикум / Д.С. Набатова. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 292 с.

5. Айвазян С.А. Методы эконометрики / С.А. Айвазян. – М.: Инфра-М, 2010. – 512 с.

6. Хлебович Д.И. Экспертный опрос как инструмент исследования проблем высшего профессионального образования: предпосылка и практика использования / Д.И. Хлебович // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2013. – № 6. – С. 12–20.

УДК 004.43:519.6

АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ЯЗЫКА R ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ МУЛЬТИКОЛЛИНЕАРНОСТИ ДАННЫХ

Орлова И.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финансовый университет), Москва, e-mail: ivorlova@gmail.com

Данная статья посвящена анализу инструментов языка программирования R, направленных в первую очередь на решение проблемы выявления мультиколлинеарности данных. Для моделей линейной регрессии характерна проблема мультиколлинеарности, когда два или более регрессора сильно коррелированы. Мультиколлинеарность не только приводит к неустойчивым оценкам регрессионных коэффициентов, но и вызывает некоторые серьезные проблемы в валидации и интерпретации модели. В статье приводится анализ наиболее используемых процедур обнаружения мультиколлинеарности среди регрессоров, которые реализованы в среде R: анализ корреляционной матрицы, VIF (фактор инфляции дисперсии), собственные значения корреляционной матрицы, графические процедуры визуализации мультиколлинеарности. Сравнительный анализ выполнен на смоделированных данных из более ранней работы автора. Большое внимание уделено недавно разработанному R-пакету mctest, который вычисляет популярные и широко используемые диагностические тесты мультиколлинеарности. Пакет также указывает, какие регрессоры могут быть причиной коллинеарности среди регрессоров. В пакете реализовано несколько функций: omcdiag, imcdiag, eigprop и mc.plot для графического представления значений VIF и собственных значений. Объединение в одном пакете различных диагностических мер общей и индивидуальной диагностики мультиколлинеарности, простой и удобный интерфейс позволяет сделать вывод, что пакет mctest является полезным дополнением к «Comprehensive R Archive Network».

Ключевые слова: мультиколлинеарность, язык программирования R, многофакторная регрессионная модель, VIF (фактор инфляции дисперсии), собственные значения корреляционной матрицы

ANALYSIS TOOLS LANGUAGE OF R TO SOLVE THE PROBLEM OF MULTICOLLINEARITY OF DATA

Orlova I.V.

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, e-mail: ivorlova@fa.ru

This article is devoted to the analysis of R programming language tools aimed primarily at solving the problem of multicollinearity of data. Linear regression models are characterized by a multicollinearity problem where two or more regressors are strongly correlated. Multicollinearity not only leads to unstable estimates of regression coefficients, but also causes some serious problems in the validation and interpretation of the model. The article presents the analysis of the most used procedures for detection of multicollinearity among regressors, which are implemented in the environment R: analysis of the correlation matrix, VIF (variance inflation factor), eigenvalues of the correlation matrix, graphical procedures for visualization of multicollinearity. The comparative analysis is made on the simulated data from the earlier work of the author. Much attention is paid to the newly developed R-package mctest, which calculates the popular and widely used diagnostic tests for multicollinearity. The package also indicates which regressors can be the cause of collinearity among the regressors. The package includes several features: omcdiag, imcdiag, eigprop, and mc.plot a graphical representation of the values of VIF and eigenvalues. Combining in one package various diagnostic measures of General and individual diagnostics of multicollinearity, a simple and convenient interface allows you to conclude that the mctest package is a useful addition to the «Comprehensive R Archive Network».

Keywords: multicollinearity, programming language R, multi-factor regression model, VIF (variance inflation factor), eigenvalues of the correlation matrix

В современных условиях количество данных, на основании которых принимаются важные решения, непрерывно растет, однако увеличение количества данных не сопровождается соответствующим увеличением объема количества полезной информации. Огромные объемы данных часто имеют лишь небольшой информационный контент, а это означает, что высока информационная избыточность. В случае с моделью линейной регрессии мультиколлинеарность можно интерпретировать как тип избыточности. К мультиколлинеарности приводит нарушение одной из предпосылок метода наименьших квадратов (МНК), а именно предпосылки на матрицу регрессоров:

$$rank(X) = rank(X^TX) = k,$$

где k – число столбцов матрицы регрессоров. Негативные последствия, к которым приводит мультиколлинеарность, хорошо известны [1, 2]. Мультиколлинеарность не только приводит к неустойчивым оценкам регрессионных коэффициентов, но и вызывает некоторые серьезные проблемы в валидации и интерпретации модели.

Существуют различные методы тестирования уровня мультиколлинеарности и ее устранения [1, 3]. Успех методов, используемых для уменьшения или устранения отрицательных эффектов мультиколлинеарности, во многом зависит от степени распознавания мультиколлинеарности. Выбор метода основывается на содержательной постановке задачи и на возможностях используемых компьютерных программ. В задачах, где целью моделирования является выявление раздельного влияния факторов на зависимую переменную, устранение мультиколлинеарности выполняют методами, в основе которых лежит сокращение числа регрессоров. В задачах прогнозирования устранение мультиколлинеарности возможно также за счет их преобразования (компонентный анализ, ридж регрессия).

Материалы и методы исследования

Свободно распространяемая статистическая среда R [4] объединяет язык программирования высокого уровня и библиотеки программных модулей (пакетов) для обработки данных. Постоянно происходит увеличение количества библиотек. Это привело к возникновению распределенной системы хранения и распространения пакетов R, то есть «CRAN» (от «Comprehensive R Archive Network») [5]. Для обнаружения мультиколлинеарности среди регрессоров R-пакеты предоставляют несколько диагностических мер для оценки мультиколлинеарности. В этой работе будет представлен анализ инструментов языка программирования R, направленных на решение проблемы выявления мультиколлинеарности данных. Для сравнительного анализа используются смоделированные данные. Описание данных [1]: «Объем продаж – это зависимая переменная Y (тыс. руб.). В качестве независимых (объясняющих) переменных выбраны: время – X1 (мес.), расходы на рекламу X2 (тыс. руб.), цена товара X3 (руб.), средняя цена товара у конкурентов X4 (руб.), индекс потребительских расходов X5 (%), количество наблюдений n = 16, количество факторов k = 5».

Результаты исследования и их обсуждение

Выявление мультиколлинеарности с помощью анализа матрицы коэффициентов парной корреляции

Наличие коэффициентов парной корреляции больших |0,8| может свидетельствовать о мультиколлинеарности данных. В среде R построение матрицы коэффициентов парной корреляции выполняется при помощи функции cor(x), применяя которую получаем матрицу коэффициентов парной корреляции (табл. 1). Анализ матрицы коэффициентов парной корреляции показал высокое значение коэффициента корреляции между факторами X1 и X5 ($r_{X_1X_5}$ = 0,960), что указывает на наличие мультиколлинеарности.

Таблица 1

Корреляционная матрица

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1,000	0,106	0,174	–0,051	0,960
X2	0,106	1,000	–0,003	0,204	0,273
X3	0,174	–0,003	1,000	0,698	0,235
X4	–0,051	0,204	0,698	1,000	0,031
X5	**0,960**	0,273	0,235	0,031	1,000

При большом числе регрессоров визуальное исследование корреляционной матрицы становится сложным. В среде *R* есть возможность облегчить этот процесс с использованием графических функций plotcorr из пакета ellipse и corrplot из одноименного пакета. В пакете ellipse значения коэффициентов корреляции изображены в виде эллипсов. Чем ближе значение коэффициента корреляции к $|1|$ – тем более вытянутым становится эллипс (рис. 1). Наклон эллипса отражает знак.

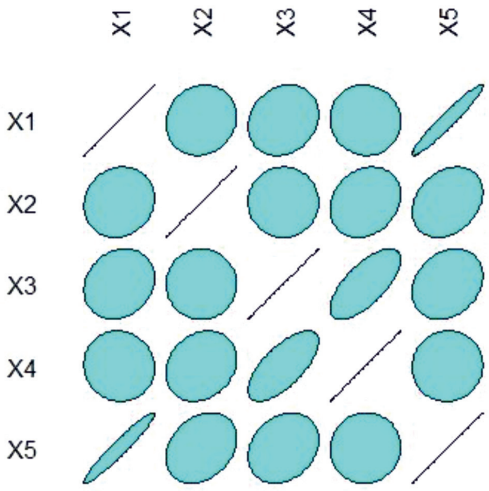


Рис. 1. Изображение матрицы коэффициентов парной корреляции в пакете ellipse

Более информативным представляется применение пакета corrplot, при использовании которого ячейки отображаемой матрицы коэффициентов корреляции залиты цветом в соответствии с уровнем корреляции. Для выявления групп высоко коррелирующих переменных ячейки на таких диаграммах часто упорядочивают в соответствии с результатами параллельно выполняемого кластерного анализа. На рис. 2 выделяются группы тесно связанных факторов: X1, X5 и X3, X4.

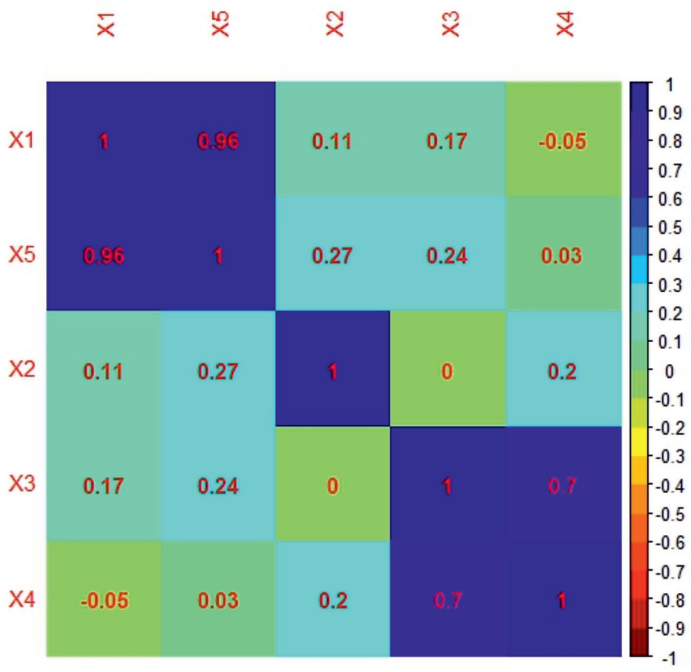


Рис. 2. Матрица коэффициентов парной корреляции в цвете

В состав пакета caret входит функция findCorrelation, которая возвращает вектор с номерами переменных, чей уровень корреляции с другими переменными превышает порог (аргумент cutoff), заданный пользователем и удаляет одну из них.

```
findCorrelation(R1,cutoff = 0.8,verbose = TRUE,names = TRUE,exact = ncol(R1)< 100)
Compare row 5  and column  1 with corr  0.96
  Means:  0.375 vs 0.261 so flagging column 5
All correlations <= 0.8
[1] «X5»
```

Эту функцию можно рекомендовать для применения только в том случае, когда нет предпочтений по содержательному составу факторов.

Метод дополнительных регрессий. Выявление мультиколлинеарности с помощью исследования факторов инфляции дисперсии

Метод дополнительных регрессий заключается в том, что строятся регрессии для каждого j-го регрессора X_j, (j = 1,…, k, k – число факторов модели), по всем остальным регрессорам, вычисляются коэффициенты детерминации R_j^2 и проверяется их значимость по F-критерию. Если коэффициент детерминации R_j^2 значимо отличается от нуля, то считаем, что фактор X_j приводит к мультиколлинеарности. В R представлен близкий к описанному метод, основанный на вычислении и последующем исследовании так называемого *фактора инфляции дисперсии VIF* (*Variance Inflation Factor*).

$$VIF_j = \frac{1}{\left(1 - R_j^2\right)},$$

Если $VIF_{X_j} > 10$, то данный регрессор может привести к мультиколлинеарности.

В среде *R* для оценки факторов инфляции дисперсии применяется функция vif(fm,..), где fm – объект, который содержит информацию о построенной модели из пакета car.

```
fm<-lm(data=tab1,Y~X1+X2+X3+X4+X5 )
vif(fm)
       X1        X2        X3        X4        X5
21.112067  1.889292  2.474376  2.331028 23.389356
```

Анализируя полученные значения факторов инфляции для всех переменных, можно сделать вывод, что факторы X1 и X5 приводят к мультиколлинеарности.

Методов тестирования мультиколлинеарности разработано достаточно много, но нет единого критерия, применяя который можно сделать однозначный вывод о присутствии мультиколлинеарности. Более того, различные методы обнаружения мультиколлинеарности плохо сопоставимы друг с другом. Поэтому в практических задачах применяют несколько методов, полученные результаты обобщаются для получения обоснованного вывода. Например, тест на мультиколлинеарность Фаррара – Глоубера [1] содержит три вида статистических критериев проверки: наличия мультиколлинеарности в общем, критерий («хи-квадрат»); выявление регрессоров, связанных с другими регрессорами (F-критерий); выявление пар тесно связанных переменных (t-тест) дополняют VIF тестом. Хорошо известный метод Бэлсли [6], который реализован в Gretl и называется диагностика Belsley-Kuh-Welsch (BKW) основан на вычислении собственных значений и собственных векторов матрицы. Этот метод позволяет не только выявить мультиколлинеарность среди исходных переменных, но и определить регрессоры, которые показывают: наибольший вклад в зависимости полезно сочетать с VIF тестом и анализом матрицы коэффициентов парной корреляции [7].

Постоянно ведется разработка новых методов исследования мультиколлинеарности. Интересные индикаторы мультиколлинеарности в моделях линейной регрессии представили Д. Курто и Х.К. Пинто [8]. Показатель, который еще не нашел широкого применения, для диагностики мультиколлинеарности с использованием собственных значений или количественной оценки средней корреляции данных «Red Indicator» разработал П. Ковач [9], но этот тест уже включен в рассматриваемый ниже пакет R mctest.

Пакет R mctest для обнаружения мультиколлинеарности

В 2016 г. вышла работа «mctest: пакет R для обнаружения коллинеарности среди регрессоров» [10], а в конце февраля 2018 г. документация пакета была размещена в «CRAN» [11]. В пакете mctest есть две функции: omcdiag и imcdiag, которые обеспечивают общую и индивидуальную диагностическую проверку мультиколлинеарности соответственно, функция mc.plot, которая может использоваться для графического отображения VIF и собственных значений, и функция eigprop. Эта функция вычисляет собственные значения, индексы обусловленности и пропорции дисперсионного разложения коэффициентов регрессии. Фактически в этой функции реализован метод Belsley-Kuh-Welsch [6]. Чтобы проверить линейные зависимости, связанные с соответствующим собственным значением, eigprop сравнивает пропорцию дисперсии с пороговым значением (по умолчанию 0,5) и отображает пропорции, превышающие заданный порог из каждой строки и столбца, если таковые имеются.

Анализ диагностики мультиколлинеарности по методу Белсли с помощью функции eigprop, которой приведен на рис. 3, показал, что наибольшему значению индекса обусловленности (CI) равному 376,49 в шестой строке соответствуют факторы X1 и X5, значит, между этими факторами существует тесная зависимость. Заметим, что, по сравнению с предыдущими тестами, появилась новая информация – в 5 строке зафиксирована тесная связь между переменными X3 и X4.

Выявив с помощью функции eigprop переменные, участвующие в зависимости, удаляют из регрессионной модели одну из этих переменных.

В пакете mctest тесты выявления мультиколлинеарности классифицированы по двум признакам: проверка мультиколлинеарности всего массива данных – общие тесты проверки мультиколлинеарности и выявление регрессоров, приводящих к мультиколлинеарности – индивидуальные тесты.

Общие тесты проверки мультиколлинеарности

Функция omcdiag() реализует общую диагностическую проверку мультиколлинеарности. В эту функцию включены следующие тесты:

● Проверка равенства нулю определителя

Оценки коэффициентов регрессии являются решением системы нормальных уравнений $(X^T X)\hat{\beta} = X^T Y$. Если регрессоры мультиколлинеарны, то определитель нормированной корреляционной матрицы $|X^T X|$ близок к нулю. По умолчанию порог равен 0,1 (detr = 0.01).

● Тест Фаррара – Глоубера (1 часть) (При рассмотрении командных кодов функции omcdiag при вычислении статистики Фаррара – Глоубера выявлена допущенная небольшая ошибка)

Проверка наличия мультиколлинеарности всего массива переменных (критерий

```
library ("mctest")

eigprop(TT,  Inter = TRUE, prop = 0.7)

Call:
eigprop(x = TT, Inter = TRUE, prop = 0.7)

  Eigenvalues       CI Intercept     X1     X2     X3     X4     X5
1      5.6388   1.0000    0.0000 0.0003 0.0029 0.0001 0.0001 0.0000
2      0.1963   5.3592    0.0000 0.0358 0.1861 0.0000 0.0001 0.0000
3      0.1605   5.9279    0.0000 0.0129 0.3531 0.0009 0.0009 0.0000
4      0.0033  41.1701    0.0082 0.0042 0.0001 0.1418 0.1144 0.0046
5      0.0011  72.8276    0.0000 0.0078 0.0561 0.7865 0.8736 0.0001
6      0.0000 376.4908    0.9917 0.9390 0.4016 0.0706 0.0110 0.9952

==============================
Row 6==> X1, proportion 0.938953 >= 0.70
Row 5==> X3, proportion 0.786549 >= 0.70
Row 5==> X4, proportion 0. 873616 >= 0.70
Row 6==> X5, proportion 0.995243 >= 0.70
```

Рис. 3. Результат диагностики коллинеарности по методу Белсли

«хи-квадрат»). Значение статистики Фаррара – Глоубера вычисляется по формуле

$$FG\text{набл} = -\left[n-1-\frac{1}{6}(2k+5)\right]\ln\left(\det\left[R\right]\right),$$

где n – количество наблюдений, k – количество факторов, det[R] – определитель корреляционной матрицы. Эта статистика имеет распределение χ^2 (хи-квадрат). Вычисленное значение этого критерия сравнивается с табличным значением χ^2 с 0,5k(k – 1) степенями свободы и уровне значимости α. Если FGнабл больше табличного, то считаем, что в массиве объясняющих переменных присутствует мультиколлинеарность.

Red Indicator (Красный индикатор)

Красный индикатор П. Ковача [12] можно использовать для количественной оценки степени избыточности. Определить его можно следующим образом:

$$\text{Red}=\frac{V_\lambda}{\sqrt{k-1}},$$

где k – количество регрессоров, $V_\lambda=\sqrt{\dfrac{\sum_{j=1}^{m}(\lambda_j-1)^2}{k}}=\sigma_\lambda$, λ_j – собственные числа матрицы (X^TX). Если значение Красного индикатора равно нулю (Красный = 0), то это свидетельствует об отсутствии избыточности, а значения, близкие к 1 (Красное ~ 1), указывают максимальную избыточность (мультиколлинеарность). По умолчанию порог равен 0,5 (red = 0,5).

● Сумма обратных значений собственных чисел

В ортогональной системе $\sum_{j=1}^{k}\frac{1}{\lambda_j}=k$, следовательно, для матрицы корреляции R с собственными числами λj $\sum_{j=1}^{k}\frac{1}{\lambda_j}$ может использоваться для выявления коллинеарности. Если $\sum_{j=1}^{k}\frac{1}{\lambda_j}$ больше, чем число регрессов, используемых в модели, то регрессоры коллинеарны.

● Theil индикатор

Theil предложил меру коллинеарности на основе вклада вспомогательных регрессий $(R^2-R_j^2)$ в коэффициент детерминации, где R_j^2 является R^2 вспомогательной регрессии. $k=R^2-\sum_{i=1}^{k}(R^2-R_{-i}^2)$. Если $k=0$, то все X взаимно некоррелированы (нет избыточности), если $k\sim 1$, то коллинеарность существует среди регрессоров. По умолчанию порог равен 0,5 (theil = 0,5).

● Индекс обусловленности (CI)

Число обусловленности (индекс, параметр обусловленности) $CI=\text{cond}(X^TX)$ показывает, во сколько раз может возрасти относительная погрешность решения системы нормальных уравнений по сравнению с относительной погрешностью исходных данных. Для симметричной положительно определённой матрицы (X^TX) индекс обусловленности равен $CI_j=\sqrt{\dfrac{\lambda_{\max}}{\lambda_j}}$. По умолчанию порог равен 30 (cn = 30).

```
library ("mctest")
omcdiag(x = XX, y = Y, na.rm = TRUE, Inter = TRUE, detr = 0.01, red = 0.5,
+         conf = 0.95, theil = 0.5, cn = 30)

Call:
omcdiag(x = XX, y = Y, na.rm = TRUE, Inter = TRUE, detr = 0.01,
    red = 0.5, conf = 0.95, theil = 0.5, cn = 30)


Overall Multicollinearity Diagnostics

                       MC Results detection
Determinant |X'X|:         0.0177         0
Farrar Chi-Square:        48.4333         1
Red Indicator:             0.4032         0
Sum of Lambda Inverse:    51.1961         1
Theil's Method:           -0.0154         0
Condition Number:          9.8309         0

1 --> COLLINEARITY is detected by the test
0 --> COLLINEARITY is not detected by the test
```

Рис. 4. Результат общей диагностической проверки мультиколлинеарности функции omcdiag в пакете mctest

Результаты тестирования мультиколлинеарности с помощью функции omcdiag приведены на рис. 4. При заданных пороговых значениях только два теста показали наличие мультиколлинеарности: Фаррара – Глоубера и Sum of Lambda Inverse (сумма обратных значений собственных чисел).

Диагностические показатели коллинеарности для каждого регрессора

Функция imcdiag() реализует диагностическую проверку мультиколлинеарности, выявляя влияние каждого регрессора. Эта функция включает в себя семь различных тестов.

● VIF тест, который входит также в пакет car;

● тест TOL

$$TOL_j = \frac{1}{VIF_j} = 1 - R_j^2 .$$

Если $VIF > 10$ или значение $TOL_j \sim 0$, то это указывает на существование коллинеарности среди регрессоров.

● Farrar wi (тест Фаррара – Глоубера, 2 часть)

Проверка наличия мультиколлинеарности каждой переменной с другими переменными (F-критерий):

$$w_j = \frac{R_j^2}{1 - R_j^2}\left(\frac{n-k}{k-1}\right) \sim F_{(n-k,k-1)} .$$

Если $w_j > F^*_{(\alpha,n-k,k-1)}$, то есть, если вычисленный F-критерий превышает критический $F^*_{(\alpha,n-k,k-1)}$ на выбранном уровне значимости, то следует понимать, что конкретный X_j коллинеарен другим регрессорам.

● Fi [13]. Тест практически дублирует предыдущий тест.

Связь F-критерия и R^2 модели регрессии X_j на остальные регрессоры может быть использована для обнаружения мультиколлинеарности. Связь описана следующим образом:

$$F_{j=} \frac{R^2_{X_j,X_{1...}X_2} \big/ k-2}{1 - R^2_{X_j,X_{1...}X_2} \big/ n-k-1} \sim F_{(k-2,n-k+1)} .$$

Если вычисленный F-критерий превышает критический $F^*_{(\alpha,n-k,k-1)}$ на выбранном уровне значимости, то следует понимать, что конкретный X_j коллинеарен другим регрессорам и и его следует исключить из модели.

● Leamer's test

Лимер [14] предложил меру измерения влияния мультиколлинеарности для j-го регрессора

$$C_j = \left\{ \frac{\left(\sum \left(X_{ij} - \bar{X}_j\right)^2\right)^{-1}}{(X^T X)^{-1}_{jj}} \right\}^{0,5} .$$

Если X_j не коррелирует с другими регрессорами, C_j будет равен 1. В противном случае будет равен $(1 - R_j^2)^{0,5}$ т.е., $C_j \sim 0$ указывает на существование коллинеарности среди регрессоров.

```
imcdiag(x = XX, y = Y, method = NULL, corr = FALSE, vif = 10, tol = 0.1,
+         conf = 0.95, cvif = 10, leamer = 0.1, all = FALSE)

Call:
imcdiag(x = XX, y = Y, method = NULL, na.rm = TRUE, corr = FALSE,
    vif = 10, tol = 0.1, conf = 0.95, cvif = 10, leamer = 0.1,
    all = FALSE)

All Individual Multicollinearity Diagnostics Result

       VIF    TOL      Wi      Fi Leamer    CVIF Klein
X1 21.1121 0.0474 55.3082 80.4483 0.2176 -3.5596  1
X2  1.8893 0.5293  2.4456  3.5572 0.7275 -0.3185  0
X3  2.4744 0.4041  4.0545  5.8975 0.6357 -0.4172  0
X4  2.3310 0.4290  3.6603  5.3241 0.6550 -0.3930  0
X5 23.3894 0.0428 61.5707 89.5574 0.2068 -3.9435  1

1 --> COLLINEARITY is detected by the test

0 --> COLLINEARITY is not detected by the test
```

Рис. 5. Результат диагностической проверки индивидуального влияния факторов

```
> mctest(XX, Y, type="b", all = TRUE)

Call:
omcdiag(x = x, y = y, Inter = Inter, detr = detr, red = red,
    conf = conf, theil = theil, cn = cn)


Overall Multicollinearity Diagnostics

                       MC Results detection
Determinant |X'X|:         0.0177         0
Farrar Chi-Square:        48.4333         1
Red Indicator:             0.4032         0
Sum of Lambda Inverse:    51.1961         1
Theil's Method:           -0.0154         0
Condition Number:          9.8309         0

1 --> COLLINEARITY is detected by the test
0 --> COLLINEARITY is not detected by the test


==================================

Call:
imcdiag(x = x, y = y, method = method, corr = FALSE, vif = vif,
    tol = tol, conf = conf, cvif = cvif, leamer = leamer, all = all)


All Individual Multicollinearity Diagnostics in 0 or 1

   VIF TOL Wi Fi Leamer CVIF Klein
X1   1   1  1  1      0    0     1
X2   0   0  0  1      0    0     0
X3   0   0  0  1      0    0     0
X4   0   0  0  1      0    0     0
X5   1   1  1  1      0    0     1
1 --> COLLINEARITY is detected by the test
0 --> COLLINEARITY is not detected by the test

X1 , X2 , X3 , X4 , coefficient(s) are non-significant may be due to
multicollinearity
```

Рис. 6. Результат работы функции mctest

● CVIF

Curto и Pinto [15] предложили меру мультиколлинеарности для оценки влияния корреляции между регрессорами в дисперсию

$$CVIF_j = VIF_j \cdot \frac{1-R^2}{1-R_0^2},$$

где $R_0^2 = R_{yx_1}^2 + R_{yx_2}^2 + ... + R_{yx_k}^2$.

Если $\left|CVIF_j\right| \geq 10$ то можно считать, что j-й регрессор приводит к мультиколлинеарности.

● Klein's rule [16]

Если коэффициент детерминации дополнительной регрессии (регрессии, объясняющей переменной j по всем остальным регрессорам) больше, чем коэффициент детерминации основной регрессии (Y на все регрессоры X), то мультиколлинеарность можно считать установленной.

На рис. 5 приведены результаты тестирования мультиколлинеарности с помощью функции imcdiag.

Большинство тестов указывают, что X1 и X5 являются причиной мультиколлинеарности.

Надо отметить, что в пакете mctest есть функция mctest, в которой реализованы различные режимы, в том числе возможность выполнения функций omcdiag и imcdiag (рис. 6).

Диагностические графики коллинеарности: график VIF и собственных значений

Функция mc.plot может использоваться для отображения графиков значений VIF и собственных значений, по которым можно судить о существовании коллинеарности среди регрессоров. Аргумент vif = 10 и ev = 0,1 являются пороговыми значениями для VIF и собственных значений, соответственно им будет отображаться горизонтальная красная пунктирная линия. Из графика VIF значения VIF каждого регрессора больше 10 указывают на существование мультиколлинеарности среди регрессоров (рис. 7).

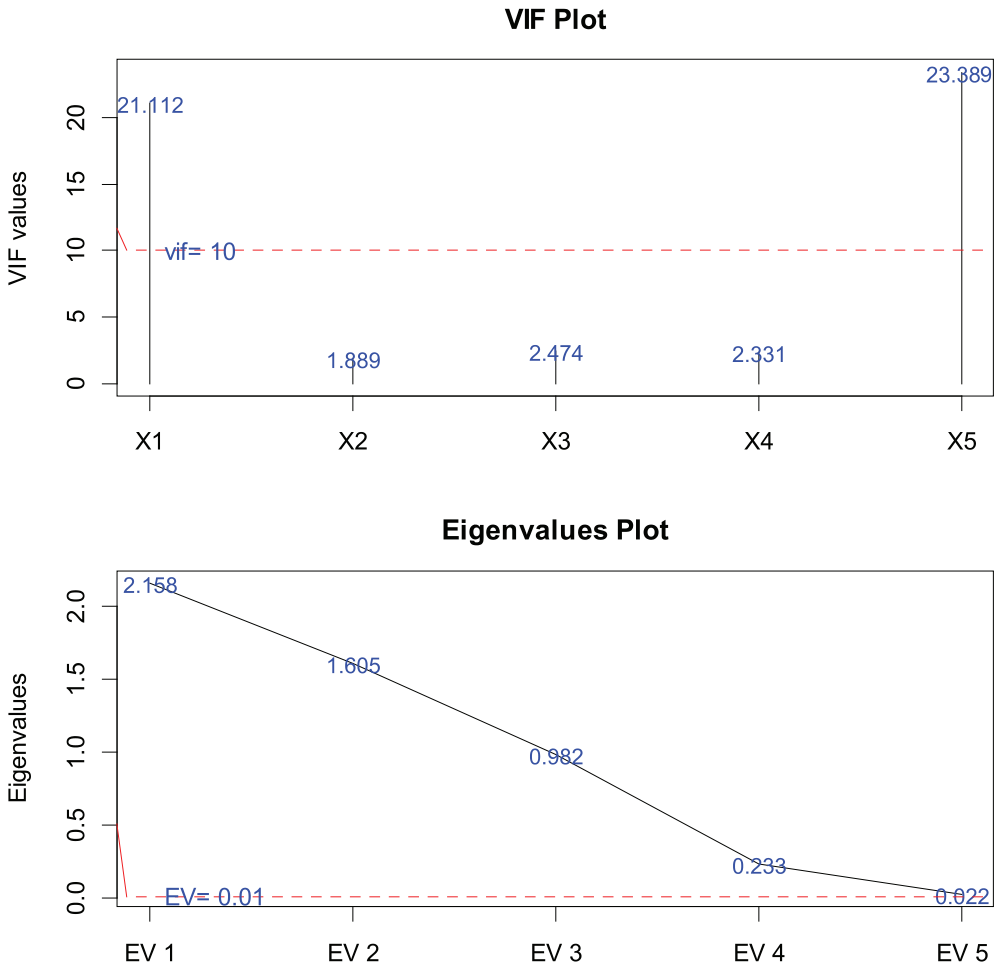


Рис. 7. Графики VIF и собственных значений

Заключение

Для решения проблемы мультиколлинеарности разработано много программных продуктов [17]. В пакете mctest, созданном в среде R, реализована попытка объединить наиболее широко используемые и обсуждаемые диагностики мультиколлинеарности. При реализации допущены ошибки в некоторых тестах (тест Фаррара – Глоубера, Red test) функции omcdiag, дублирование тестов в функции imcdiag. К сожалению, в этом пакете отсутствует тест, основанный на анализе частных коэффициентов корреляции (третий тест Фаррара – Глоубера). При этом необходимо отметить, что функции eigprop, omcdiag и imcdiag облегчают пользователю формирование выводов о существовании мультиколлинеарности среди регрессоров, а также дают представление о том, какой регрессор может быть причиной мультиколлинеарности.

Список литературы

1. Эконометрика и эконометрическое моделирование: учебник / Л.О. Бабешко, М.Г. Бич, И.В. Орлова. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. – 384 с.

2. Орлова И.В., Турундаевский В.Б. Многомерный статистический анализ при исследовании экономических процессов: монография. – М.: МЭСИ, 2014. – 190 с.

3. Орлова И.В., Филонова Е.С. Выбор экзогенных факторов в модель регрессии при мультиколлинеарности данных // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 5–1. – С. 108–116.

4. Проект R для статистических вычислений. URL: http://www.r-project.org/ (дата обращения 12.03.2018).

5. Comprehensive R Archive Network. URL: http://cran.r-project.org (дата обращения: 12.04.2018).

6. Belsley D.A., Kuh E., Welsch R.E. Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity. John Wiley & Sons; New York: 1980. P. 297.

7. Орлова И.В. Подход к решению проблемы мультиколлинеарности при анализе влияния факторов на результирующую переменную в моделях регрессии // Фундаментальные исследования – 2018. – № 3. – С. 58–63.

8. Jose Dias Curto and Jose Castro Pinto New Multicollinearity Indicators in Linear Regression Models International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique Vol. 75, No. 1 (April 2007), P. 114–121.

9. Kovacs P., Petres T., Toth L.A. A new measure of multicollinearity in linear regression // International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique, 2005. No. 73(3), P. 405–412.

10. Ullah M.I., Aslam M., Saima Altaf mctest: An R Package for Detection of Collinearity among Regressors // The R Journal. 2016, vol. 8:2, P. 495–505.

11. Muhammad Imdad Ullah, Muhammad Aslam Multicollinearity Diagnostic Measures. Package ‘mctest’. URL: https: // cran.r-project.org/web/packages/mctest/mctest.pdf (дата обращения: 12.04.2018).

12. Peter Kovacs Examination of Multicollinearity in Linear Regression Models Examination of PETRES’ Red. Theses of PhD Dissertation Szeged, 2008. URL: http://docplayer.hu/3607097-Examination-of-multicollinearity-in-linear-regression-models-examination-of-petres-red.html (дата обращения: 12.04.2018).

13. Gujarati D.N., Porter D.C. Basic Econometrics. McGraw Hill, 5 edition, 2008. [p. 495, 496, 497, 498, 503].

14. Leamer, Edward E. Multicollinearity: A Bayesian Interpretation. The Review of Economics and Statistics, MIT Press, 1973. vol. 55(3), P. 371–380.

15. Curto J.D., Pinto J.C. The corrected vif (cvif). J. Appl. Stat. 2011, 38(7), P. 1499–1507.

16. Green W.H. Econometric Analysis (7th ed.) / W.H. Green. – N.Y., 2012. 1024 p.

17. Шитиков В.К., Мастицкий С.Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. – 2017. – 351 с. URL: https://github.com/ranalytics/data-mining (дата обращения: 12.04.2018).

УДК 62-2:534.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА С ГАСИТЕЛЕМ

Сафина Г.Ф.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Нефтекамский филиал, Нефтекамск, e-mail: safinagf@mail.ru

Рассмотрена прямая спектральная задача определения частот свободных колебаний ротора с гироскопическим гасителем. Получено частотное уравнение, показывающее, что колебательный процесс является четырехчастотным. По решению прямой задачи проведено исследование влияния физических параметров ротора с гасителем на значения частот его свободных колебаний. Получено, что при увеличении значений частот колебаний коэффициенты жесткостей опор ротора с гасителем увеличиваются, а массовые характеристики, наоборот, – уменьшаются. Впервые для рассматриваемой задачи поставлена и решена обратная спектральная задача – задача восстановления параметров ротора с гасителем по известным частотам его свободных колебаний. Исследование проведено на примере диагностирования коэффициентов жесткостей опор ротора с гасителем. Поставлен вопрос о существовании решения задачи. Сформулирована и доказана теорема о единственности решения поставленной обратной задачи. Получен алгоритм решения задачи, позволяющий восстанавливать коэффициенты жесткостей опор ротора с гасителем по известным значениям трех частот его колебаний. Алгоритм сведен к решению двух систем нелинейных уравнений относительно искомых коэффициентов жесткостей с последующим выделением единственного общего вещественного решения систем уравнений. Приведены примеры применения алгоритма решения обратной задачи. Для прямой и обратной задач составлены программные реализации алгоритмов решений, использующие команды математического пакета.

Ключевые слова: собственные частоты, свободные колебания, ротор с гасителем, жесткость опор ротора с гасителем, акустическая диагностика механических систем

STUDIES OF DIRECT AND INVERSE PROBLEMS FREE OSCILLATIONS OF THE ROTOR WITH DAMPER

Safina G.F.

Bashkir State University, Neftekamsk branch, Neftekamsk, e-mail: safinagf@mail.ru

The direct spectral task of determination of free oscillation frequencies of a rotor with the gyroscopic killer is considered. The frequency equation showing that oscillatory process is the four-frequency is received. According to the decision of the direct task the research of influence of physical parameters of a rotor with the killer on values of frequencies of its free oscillations is conducted. It is received that in case of increase in values of oscillation frequencies coefficients of rigidities of support of a rotor with the killer increase, and mass characteristics, on the contrary, – decrease. For the first time for the considered task the reverse spectral task – the task of restoration of parameters of a rotor with the killer on the known frequencies of its free oscillations is set and solved. The research is conducted on the example of diagnosing of coefficients of rigidities of support of a rotor with the killer. The question of existence of the decision of the task is raised. The theorem of uniqueness of the decision of the set reverse task is formulated and proved. The algorithm of the decision of the task allowing to recover coefficients of rigidities of support of a rotor with the killer on the known values of three frequencies of its oscillations is received. The algorithm is reduced to the solution of two systems of the non-linear equations of rather required coefficients of rigidities with the subsequent separation of the single common material decision of systems of equations. Examples of application of an algorithm of the decision of the reverse task are given. For direct and reverse tasks the program implementations of algorithms of decisions using commands of a mathematical packet are made.

Keywords: natural frequencies, the free oscillations, a rotor with the killer, rigidness of support of a rotor with the killer, acoustic diagnostics of mechanical systems

К вопросам свободных колебаний механических конструкций разнообразных назначений и технической их диагностике привлечено внимание многих исследователей, в том числе в работах [1–3]. Представленная здесь работа по колебаниям ротора с гасителем продолжает подобные исследования и относится к области акустической диагностики механических систем [4, 5].

Прямая задача по свободным колебаниям ротора с гироскопическим виброгасителем рассмотрена в работах [6, 7]. В отличие от них, в данной работе по решению прямой задачи проведены исследования зависимостей частот колебаний от физических параметров ротора. Исследована также обратная спектральная задача на примере определения жесткостей опор ротора с виброгасителем. Доказана единственность решения обратной задачи и представлен алгоритм решения по известным значениям трех частот колебаний ротора.

Прямая задача определения частот свободных колебаний ротора с гасителем

Приведем некоторые теоретические сведения по прямой задаче. Ротор с виброгаси-

телем [6] (рисунок) состоит из консольного участка оправки 1 и маховика 2. Имеются системы координат: $x_0y_0z_0$ – неподвижна, $x_1y_1z_1$ – движется поступательно вместе с центром масс, xyz – вращается вместе с ротором вокруг точки C относительно системы $x_1y_1z_1$. В данной схеме: C – центр масс; $A_0B_0 = L$ – расстояние между опорами; α – угол между осью вала z и проекцией на плоскость y_1z_1; β – угол между осью вала z и проекцией на плоскость x_1z_1; c_1 и c_2 – постоянные коэффициенты жесткостей опор A_0 и B_0 ротора по всем приведенным направлениям.

Действие виброгасителя учитывает гироскопический эффект, возникающий при перемещении оси вращения z_0 вала оправки 1 за счет ее колебаний в направлении z.

За обобщенные координаты приняты координаты точки C $(x_C = x, y_C = y)$ и угловые координаты α и β. Перемещения оси вращающегося ротора в положения, соответствующим проекциям A_xB_x и A_yB_y, приводят к зависимостям [6]:

$$\left.\begin{aligned} x_A = A_0A_x = x - L_1\sin\beta = x - L_1\beta; \quad & y_A = A_0A_y = y + L_1\sin\alpha = y + L_1\alpha; \\ x_B = B_0B_x = x + L_2\sin\beta = x + L_2\beta; \quad & y_B = B_0B_y = y - L_2\sin\alpha = y - L_2\alpha \end{aligned}\right\}. \tag{1}$$

В равенствах (1) ввиду малости углов α и β принимаем $\sin\alpha = \alpha;\ \sin\beta = \beta$.

Для рассматриваемой механической системы с четырьмя степенями свободы уравнения Лагранжа имеют вид

$$\left.\begin{aligned} \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} - \frac{\partial T}{\partial x} - \frac{\partial \Pi}{\partial x} = 0; \quad & \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{y}} - \frac{\partial T}{\partial y} - \frac{\partial \Pi}{\partial y} = 0; \\ \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} - \frac{\partial T}{\partial \alpha} - \frac{\partial \Pi}{\partial \alpha} = 0; \quad & \frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{\beta}} - \frac{\partial T}{\partial \beta} - \frac{\partial \Pi}{\partial \beta} = 0. \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

Здесь T и Π – функции кинетической и потенциальной энергии ротора [6]:

$$T = \frac{1}{2}m\left(\dot{x}_C^2 + \dot{y}_C^2\right) + \frac{1}{2}J_z u^2\left(\omega^2 + 2\omega\beta\dot{\alpha}\right) + \frac{1}{2}J_e\left(\dot{\alpha}^2 + \dot{\beta}^2\right),$$

$$\Pi = \frac{c_1}{2}\left[\left(x - L_1\beta\right)^2 + \left(y + L_1\alpha\right)^2\right] + \frac{c_2}{2}\left[\left(x + L_2\beta\right)^2 + \left(y - L_2\alpha\right)^2\right],$$

где m – масса ротора, $J_e = J_x = J_y$, J_z – центральные моменты инерции, $\dot{\gamma} = \omega$ – угловая скорость вращения ротора вокруг оси z.

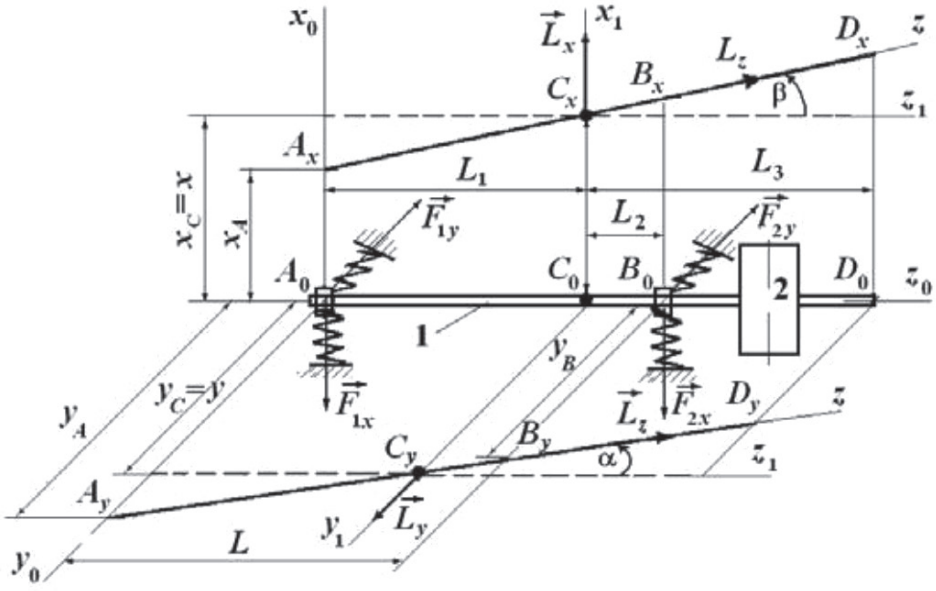


Схема оправки с виброгасителем: 1 – вал оправки (ротор), 2 – маховик

Тогда уравнения (2) с учетом выражений функций T и П примут вид

$$\left.\begin{aligned} m\ddot{x}+(c_1+c_2)x-(c_1L_1-c_2L_2)\beta=0;\\ m\ddot{y}+(c_1+c_2)y+(c_1L_1-c_2L_2)\alpha=0;\\ J_e\ddot{\alpha}+J_zu^2\omega\dot{\beta}+(c_1L_1^2+c_2L_2^2)\alpha+(c_1L_1-c_2L_2)y=0;\\ J_e\ddot{\beta}-J_zu^2\omega\dot{\alpha}+(c_1L_1^2+c_2L_2^2)\beta-(c_1L_1-c_2L_2)x=0 \end{aligned}\right\}. \quad (3)$$

Полученные равенства (3) полностью описывают свободные колебания ротора с виброгасителем.

Учитывая, что ротор совершает свободные колебания, примем решения системы (3) в виде

$$x=M_1\sin(pt+\varphi),\quad y=M_2\cos(pt+\varphi),\quad \alpha=M_3\cos(pt+\varphi),\quad \beta=M_4\sin(pt+\varphi),$$

где p – частота, M_i $(i=1,2,3,4)$ – амплитуды колебаний. Подставляя функции x, y, α, β и их производные в (3) получим [7]:

$$\begin{cases} (c_1+c_2-mp^2)M_1-(c_1L_1-c_2L_2)M_4=0;\\ (c_1+c_2-mp^2)M_2+(c_1L_1-c_2L_2)M_3=0;\\ (c_1L_1^2+c_2L_2^2-J_ep^2)M_3+(c_1L_1-c_2L_2)M_2+J_zu^2\omega pM_4=0;\\ (c_1L_1^2+c_2L_2^2-J_ep^2)M_4-(c_1L_1-c_2L_2)M_1+J_zu^2\omega pM_3=0. \end{cases} \quad (4)$$

Учитывая условие существования ненулевого решения [8] системы (4) относительно амплитуд M_i $(i=1,2,3,4)$, получим следующее частотное уравнение:

$$\begin{vmatrix} c_1+c_2-mp^2 & 0 & 0 & c_2L_2-c_1L_1\\ 0 & c_1+c_2-mp^2 & c_1L_1-c_2L_2 & 0\\ 0 & c_1L_1-c_2L_2 & c_1L_1^2+c_2L_2^2-J_ep^2 & J_zu^2\omega p\\ c_2L_2-c_1L_1 & 0 & J_zu^2\omega p & c_1L_1^2+c_2L_2^2-J_ep^2 \end{vmatrix}=0. \quad (5)$$

Раскрыв определитель (5) при известных физических параметрах ротора, находим значения частот его свободных колебаний.

Исследуем теперь влияние характеристик ротора на собственные частоты его колебаний. При этом решая прямую задачу, получим, что увеличение массовых параметров ротора ведет к уменьшению частот его колебаний. В табл. 1, например, представлена зависимость собственных частот колебаний от массы ротора при физических параметрах

$$J_e=1{,}5\ \text{кг}\cdot\text{м}^2,\ u=5,$$

$$\omega=10000c^{-1},\ c_1=c_2=5\cdot10^6\,\frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

$$J_z=0{,}031\cdot\text{кг м}^2,\ L_1=0{,}48\ \text{м},\ L_2=0{,}02\ \text{м}. \quad (6)$$

Подобные уменьшения всех частот колебаний наблюдаются и при увеличении значений центральных моментов J_e, J_z инерции ротора.

Исследования показывают также, что увеличение жесткостных параметров ротора с гасителем ведет к увеличению частот его колебаний. Например, в табл. 2 приведены значения частот, соответствующие коэффициенту c_1 жесткости левой опоры (при фиксированном коэффициенте c_2 жесткости правой опоры) при параметрах (6) системы и массе ротора m = 7,5 кг. Подобная зависимость частот колебаний от меняющихся коэффициентов жесткостей обоих опор ротора представлена в табл. 3.

Отметим также, что подобные зависимости наблюдаются и при физических параметрах ротора, отличных от (6). Проведенные исследования важны для решения проблемы сохранения безопасных частот колебаний ротора, связанных с изменениями его физических параметров.

Обратная задача и метод ее решения

К задаче определения частот колебаний ротора с виброгасителем рассмотрим обратную задачу диагностирования его характеристик. Решение такой задачи приведем на примере определения по известным частотам колебаний коэффициентов c_1 и c_2 жесткостей опор ротора.

Таблица 1

Зависимость частот p_i от массы ротора при его параметрах (6)

m, кг	p_1, c^{-1}	p_2, c^{-1}	p_3, c^{-1}	p_4, c^{-1}
7,5	79,11	1115,54	1184,47	5314,7
8	79,09	1079,31	1148,05	5278,13
8,5	79,07	1046,33	1114,91	5235,42
9	79,05	1016,14	1084,58	5199,74

Таблица 2

Зависимость частот p_i от жесткости c_1 опоры ротора при параметрах (6)

$c_1, 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$	p_1, c^{-1}	p_2, c^{-1}	p_3, c^{-1}	p_4, c^{-1}
5	79,11	1115,54	1184,47	5314,70
6	86,08	1159,00	1250,37	5344,11
7	91,85	1199,20	1314,14	5373,46
8	96,69	1236,58	1375,97	5402,74

Таблица 3

Зависимость частот p_i от c_1 жесткостей опор ротора при параметрах (6)

$c_1, 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$	$c_2, 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$	p_1, c^{-1}	p_2, c^{-1}	p_3, c^{-1}	p_4, c^{-1}
5	5	79,11	1115,54	1184,47	5314,70
6	6	94,58	1217,31	1300,18	5344,12
7	7	109,94	1310,08	1406,93	5373,46
8	8	125,19	1395,70	1506,58	5402,74

Для решения поставленной задачи преобразуем уравнение (7) к виду

$$\Delta(p) = Fc_1^2c_2^2 + f_1(p)c_1^2c_2 + f_2(p)c_1c_2^2 + f_3(p)c_1c_2 + \\ + f_4(p)c_1^2 + f_5(p)c_2^2 + f_6(p)c_1 + f_7(p)c_2 + f_7(p) = 0, \quad (7)$$

в котором $F = 6L_1^2L_2^2 + 4L_1L_2^3 + 4L_1^3L_2 + L_2^4 + L_1^2$ и функции $f_i(p)$ ($i = 1, .., 7$) выражаются через физические параметры ротора:

$$f_1(p) = -4mp^2L_1^3L2 - 2L_2^2J_ep^2 - 2L_1^2J_ep^2 - 2mp^2L_1^4 - 2mp^2L_1^2L_2^2 - 4L_1L_2J_ep^2,$$

$$f_2(p) = -2mp^2L_1^2L_2^2 - 4mp^2L_1L_2^3 - 4L_1L_2J_ep^2 - 2L_2^2J_ep^2 - 2L_1^2J_ep^2 - 2m^2p^2L_2^4,$$

$$f_3(p) = 4mp^4L_2^2J_e + 4mp^4L_1L_2J_e + 4mp^4L_1^2J_e + 2J_e^2p^4 - 2J_z^2w^2p^2u^2 + 2m^2p^4L_1^2L_2^2,$$

$$f_4(p) = -J_z^2\omega^2p^2u^2 + m^2p^4L_1^4 + 2mp^4L_1^2J_e + J_e^2p^4,$$

$$f_5(p) = J_e^2p^4 + m^2p^4L_2^4 + 2mp^4L_2^2J_e - J_z^2\omega^2p^2u^2, \quad (8)$$

$$f_6(p) = 2mp^4J_z^2\omega^2u^4 - 2mp^6J_e^2 - 2m^2p^6L_1^2J_e,$$

$$f_7(p) = 2mp^4J_z^2\omega^2u^4 - 2mp^6J_e^2 - 2m^2p^6L_2^2J_e,$$

$$f_8(p) = m^2p^8J_e^2 - 2m^2p^6J_z^2\omega^2u^4.$$

Рассмотрим сначала вопрос о существовании решения задачи. Задачу с частотным уравнением (7) обозначим через L, а задачу с такими же физическими параметрами (функциями (8)) и подобным частотным уравнением

$$\Delta'(p) = Fc_1'^2c_2'^2 + f_1(p)c_1'^2c_2' + f_2(p)c_1'c_2'^2 + f_3(p)c_1'c_2' + f_4(p)c_1'^2 + f_5(p)c_2'^2 + f_6(p)c_1' + f_7(p)c_2' + f_7(p) = 0,$$

но с другими коэффициентами c_1' и c_2' жесткостей опор ротора обозначим через L'. Тогда можно показать справедливость следующей теоремы о единственности решения поставленной обратной задачи.

Теорема. Если частотные уравнения $\Delta(p)$ и $\Delta'(p)$ задач L и L' имеют вещественные корни (собственные частоты), совпадающие с учетом их кратностей, то выполняются равенства: $c_1 = c_1'$, $c_2 = c_2'$.

Доказательство. Очевидно, что вещественные корни уравнения (7) и являются собственными частотами спектральной задачи L. Причем частотное уравнение (7) является целой функцией от параметра p. Численными методами с помощью команд пакета Maple несложно показать, что функции (8) являются линейно независимыми.

Так как $\Delta(p)$ и $\Delta'(p)$ – целые функции, отличные от нуля, то по теореме Адамара [8] они восстанавливаются по параметру p с точностью до постоянного множителя K: $\Delta(p) - K\Delta'(p) \equiv 0$. Из последнего равенства и линейной независимости функций (8) получаем, что $K = 1$, откуда: $c_1 = c_1'$, $c_2 = c_2'$. Теорема доказана.

Из теоремы следует, что коэффициенты c_1 и c_2 жесткостей опор ротора можно определить по известным собственным частотам колебаний единственным образом.

Построим теперь метод нахождения жесткостей c_1, c_2 опор ротора. Пусть даны три собственные частоты p_1, p_2 и p_3. Подставив их в уравнение (9), имеем следующие системы нелинейных относительно искомых параметров c_1, c_2 уравнений

$$\begin{cases} Fc_1^2c_2^2 + f_1(p_1)c_1^2c_2 + f_2(p_1)c_1c_2^2 + f_3(p_1)c_1c_2 + f_4(p_1)c_1^2 + f_5(p_1)c_2^2 + f_6(p_1)c_1 + f_7(p_1)c_2 + f_8(p_1) = 0; \\ Fc_1^2c_2^2 + f_1(p_2)c_1^2c_2 + f_2(p_2)c_1c_2^2 + f_3(p_2)c_1c_2 + f_4(p_2)c_1^2 + f_5(p_2)c_2^2 + f_6(p_2)c_1 + f_7(p_2)c_2 + f_8(p_2) = 0, \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{cases} Fc_1^2c_2^2 + f_1(p_1)c_1^2c_2 + f_2(p_1)c_1c_2^2 + f_3(p_1)c_1c_2 + f_4(p_1)c_1^2 + f_5(p_1)c_2^2 + f_6(p_1)c_1 + f_7(p_1)c_2 + f_8(p_1) = 0; \\ Fc_1^2c_2^2 + f_1(p_3)c_1^2c_2 + f_2(p_3)c_1c_2^2 + f_3(p_3)c_1c_2 + f_4(p_3)c_1^2 + f_5(p_3)c_2^2 + f_6(p_3)c_1 + f_7(p_3)c_2 + f_8(p_3) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Решив (11) и (12), получим несколько наборов вещественных решений каждой из систем. Общее единственное решение этих систем и будет искомым набором значений (c_1, c_2).

Пример. Определить коэффициенты жесткостей опор ротора с гасителем при известных значениях трех частот колебаний $p_1 = 79{,}11c^{-1}$, $p_2 = 1115{,}54c^{-1}$, $p_3 = 1184{,}47\,c^{-1}$ и следующих физических параметрах механической системы: $J_e = 1{,}5$ кг·м^2, $m = 7{,}5$ кг, $\omega = 10000c^{-1}$, $u = 5$, $J_z^e = 0{,}031$·кг м^2, $L_1 = 0{,}48$ м, $L_2 = 0{,}02$ м.

Решение. Подставляя заданные физические параметры ротора в (8) при частотах p_1 и p_2, получим, что система (11) имеет вещественные решения (найденные с помощью программы в командах математического пакета Maple):

$$(c_1 = 0{,}5000 \cdot 10^7;\ c_2 = 0{,}5000 \cdot 10^7),$$

$$(c_1 = 0{,}6056 \cdot 10^7;\ c_2 = 0{,}4365 \cdot 10^7).$$

Система (12) при частотах p_1, p_3 и функциях (8) имеет при этом решения, имеющие физический смысл:

$$(c_1 = 0{,}5000 \cdot 10^7;\ c_2 = 0{,}5000 \cdot 10^7),$$

$$(c_1 = 0{,}3869 \cdot 10^7;\ c_2 = 0{,}7023 \cdot 10^7),$$

$$(c_1 = 0{,}4502 \cdot 10^7;\ c_2 = 0{,}5610 \cdot 10^7),$$

$$(c_1 = 0{,}9028 \cdot 10^7;\ c_2 = 0{,}348 \cdot 10^7).$$

Сравнивая полученные решения двух систем уравнений, видим, что общим для них является лишь один набор переменных ($c_1 = 0{,}5 \cdot 10^7$; $c_2 = 0{,}5 \cdot 10^7$), который и будет искомым. Значит, коэффициенты жесткостей опор равны: $c_1 = c_2 = 5 \cdot 10^6$ Н/м. Заметим, что по решению прямой задачи именно этим жесткостям опор соответствуют заданные значения собственных частот колебаний ротора с гасителем.

Заключение

В представленной работе по решению прямой задачи свободных колебаний ротора с гироскопическим гасителем исследовано влияние на частоты колебаний его физических параметров. Впервые поставлена и решена обратная спектральная задача – зада-

ча диагностирования характеристик ротора с гасителем по известным частотам его свободных колебаний. Доказана теорема о единственности решения поставленной задачи диагностирования. Найден метод решения задачи, который сводится к решению двух систем нелинейных уравнений при известных значениях трех частот колебаний ротора. Практическая значимость результатов состоит в возможности по найденному алгоритму определения и других характеристик (например, массовых) ротора с гасителем по его шуму. Кроме того, метод решения исследованной задачи можно применить при акустическом диагностировании характеристик и (или) условий закреплений других механических систем и их составляющих в виде роторов, валов, стержней и т.д.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Башкортостан в рамках научного проекта № 17-41-020230-р_а.

Список литературы

1. Александров А.В. Строительная механика. Динамика и устойчивость упругих систем: учеб, пособие для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, В.Б. Зылев; под ред. А.В. Александрова. – М.: Высшая школа, 2008. – 384 с.

2. Гладвел Г.М.Л. Обратные задачи теории колебаний. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2008. – 608 с.

3. Юрко В.А. Введение в теорию обратных спектральных задач. – М.: Физматлит, 2007. – 384 с.

4. Ахтямов А.М. Теория идентификации краевых условий и ее приложения. – М.: Физматлит, 2009. – 272 с.

5. Сафина Г.Ф. Метод определения характеристик тонкостенной круговой цилиндрической оболочки // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 3. – С. 72–76.

6. Гутырь С.С., Яглинский В.П., Моргун Ю.Б. Частотный анализ свободных колебаний инструментальной оправки с гироскопическим виброгасителем. – М.: СевНТУ, 2009. – С. 181–183.

7. Новиков А.В., Сафина Г.Ф. Идентификация характеристик ротора с гироскопическим виброгасителем // Физическое образование в вузах. – 2015. – Т. 221, № 1С. – С. 70–72.

8. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц. 5-е изд. – М.: Физматлит, 2004. – 560 с.

УДК 62-851.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОМЕМБРАННОГО ПРИВОДА С ОГРАНИЧИТЕЛЕМ ИЗГИБНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕМБРАНЫ

Сысоев С.Н., Воздуган А.А., Тестов Д.М.

ВЛГУ «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» (опорный университет), Владимир, e-mail: kegor@inbox.ru

Настоящая статья посвящена исследованию влияния полезной нагрузки на величину хода рабочего органа в пневмомеханических мембранных преобразователях, широко применяемых в запорно-регулирующей гидравлической и пневматической аппаратуре. В современных устройствах силу и перемещение задают только величиной давления рабочей среды, в которых главными недостатками являются низкие точностные характеристики, жесткость привода от полезной нагрузки. Анализируется возможность повышения эффективности их функционирования с использованием метода изменения величины эффективной площади мембраны в процессе их работы. Данный метод работы мембранных преобразователей не только расширяет функциональные возможности, но и значительно улучшает их технические характеристики. Были проведены исследования одномембранного привода с установленным на подвижном рабочем органе ограничителем изгибной деформации мембраны, которые выявили значительное повышение жесткостной характеристики привода, за счет изменения эффективной площади мембраны в зависимости от величины полезной нагрузки. Приведена методика определения эффективной площади мембраны. Результаты натурных исследований, проведенных в лаборатории студенческого конструкторского бюро «Поиск» Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, раскрывают потенциальные возможности повышения эффективности работы известных и широко используемых в технологических производствах мембранных приводов.

Ключевые слова: пневмомеханические мембранные преобразователи, мембрана, метод изменения эффективной площади, ограничитель изгибной деформации

RESEARCH OF SINGLE-MEMBRANE ACTUATOR WITH RESTRICTOR OF MEMBRANE FLEXURAL DEFORMATION

Sysoev S.N., Vozdugan A.A., Testov D.M.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: kegor@inbox.ru

The article describes research of influence of workload on actuator stroke value on pneumatic-mechanical membranous conversion devices which uses on pneumatic and hydraulic locking equipment. In modern devices force and movement are set up by pressure value of operating environment only. Low accuracy characteristics and actuator stiffness off workload are the main demerits of modern devices this type. Possibility of efficiency increase of devices functioning by membrane effective area changing method during working process is analyzed. This method increases functional capabilities and improves technical characteristics of devices which are describes. Research of single-membrane actuator with restrictor of membrane flexural deformation which is installed on moving actuator stroke is presented. The result of the research is increasing of actuator stiffness by membrane effective area changing depending on workload value. Membrane effective area definition technique is given. The results of field studies of Vladimir State University Development laboratory are present potentialities of membrane actuators work efficiency increasing.

Keywords: pneumatic-mechanical membranous conversion devices, membrane, membrane effective area changing method, restrictor of membrane flexural deformation

Мембранные приводы широко используются в устройствах для механизации и автоматизации трубопроводной, запорной, регулирующей, запорно-регулирующей арматуры, применяющейся во многих отраслях промышленности, технологических системах, включая производства, работающие в специфических условиях воздействия агрессивных сред [1].

Мембранные устройства [2, с. 686, 3], а также торообразные, торовые [4] относятся к механизмам камерного, оболочкового типа, где энергией давления в камере создают силовое воздействие на гибкий элемент, перемещая в требуемое положение закрепленный на нем подвижный рабочий орган. При этом метод их функционирования основан на том, что силовое воздействие на гибкий элемент определяется произведением величины давления на эффективную площадь гибкого элемента, которая не изменяется в процессе работы.

Применение нового метода работы данных устройств [5], основанного на использовании эффективной площади гибкого элемента для регулировки силового воздействия на подвижный рабочий орган от давления рабочей среды, расширяет функциональные возможности и повышает их технические характеристики.

В одномембранных и двухмембранных устройствах, реализующих данный метод

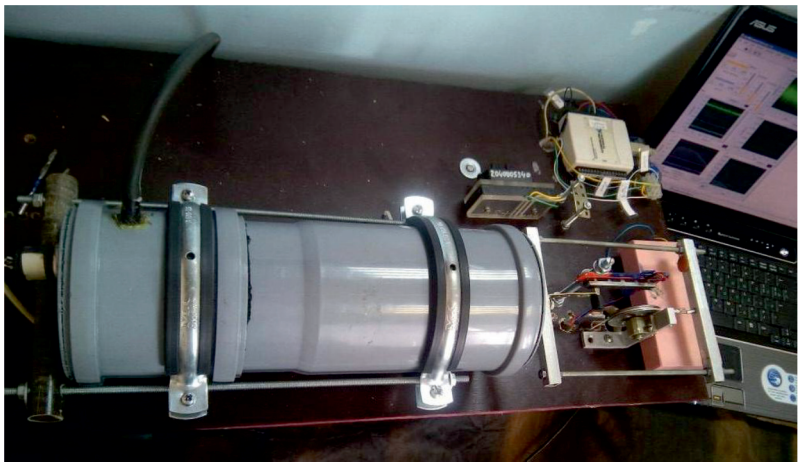
работы, на штоке установлен ограничитель изгибной деформации мембраны, выполненный в виде плоского упора, который, взаимодействуя с ней при определенном давлении рабочей среды в камере, увеличивает эффективную площадь мембраны, выполняя функцию дополнительной опоры на шток.

Исследования [6] показали расширение функциональных возможностей мембранных приводов путем обеспечения увеличения усилия на штоке в конце его прямого хода от величины давления рабочей среды и уменьшения усилия на штоке при обратном его ходе за счет изменения эффективной площади мембраны без изменения габаритных размеров устройства.

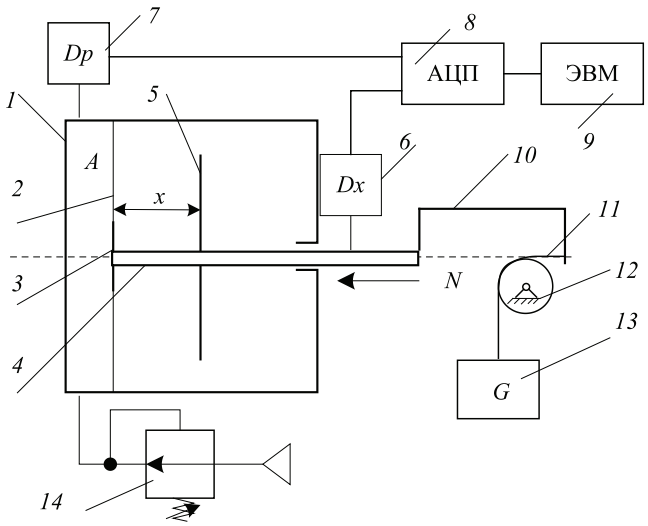
Одним из недостатков современных пневматических приводов является существенная зависимость величины хода подвижного рабочего органа от полезной нагрузки. В мембранных приводах данную зависимость снижают применением мембраны с жестким центром, увеличивающим её эффективную площадь, а соответственно, и силовое воздействие на штоке, создаваемое давлением рабочей среды. Однако уменьшение соотношения размеров жесткого центра к мембране уменьшает величину хода штока.

Цель исследования

Установить влияние полезной нагрузки на величину хода штока в пневматическом приводе с ограничителем изгибной деформации мембраны и подтвердить эффективность использования изменения в процессе работы эффективной площадью мембраны.



а)



б)

Рис. 1. Лабораторный стенд для исследования параметров одномембранного привода: а) вид общий; б) схема стенда

Материалы и методы исследования

Для исследования влияния эффективной площади мембраны на механические характеристики привода нами разработан лабораторный стенд (рис. 1).

Лабораторный стенд состоит из корпуса 1 (рис. 1, б), в котором закреплена мембрана 2 с жестким центром 3, соединенным со штоком 4. Рабочая камера А соединена с датчиком давления 6 и через регулятор давления 14 с источником пневмопитания. На штоке с возможностью регулировки положения *x* установлена пластина 5, датчик 6 его перемещения, а также датчик давления 7 в рабочей камере *A*. Информация с датчиков поступает через АЦП 8 на ЭВМ 9. На штоке закреплен обводной элемент 10, на котором по оси штока закреплен нерастяжимый трос 11, соединенный через ролик 12 с грузом 13.

Материал мембраны резина ИРП – 1266; толщина мембраны 1 мм; диаметр мембраны 105 мм, диаметр штока 8 мм.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследована зависимость величины хода штока от размера жесткого центра относительно мембраны для разных величин давления в рабочей камере и полезной нагрузки.

Пример результатов исследований приведен на рис. 2.

Графики показывают существенное влияние величины соотношения размеров жесткого центра и мембраны, на характер изменения хода штока.

Величина хода штока снижается, несмотря на увеличение силового воздействия на него давления в рабочей камере. Это связано с тем, что при увеличении относительного размера жесткого центра уменьшается размер деформируемой части мембраны.

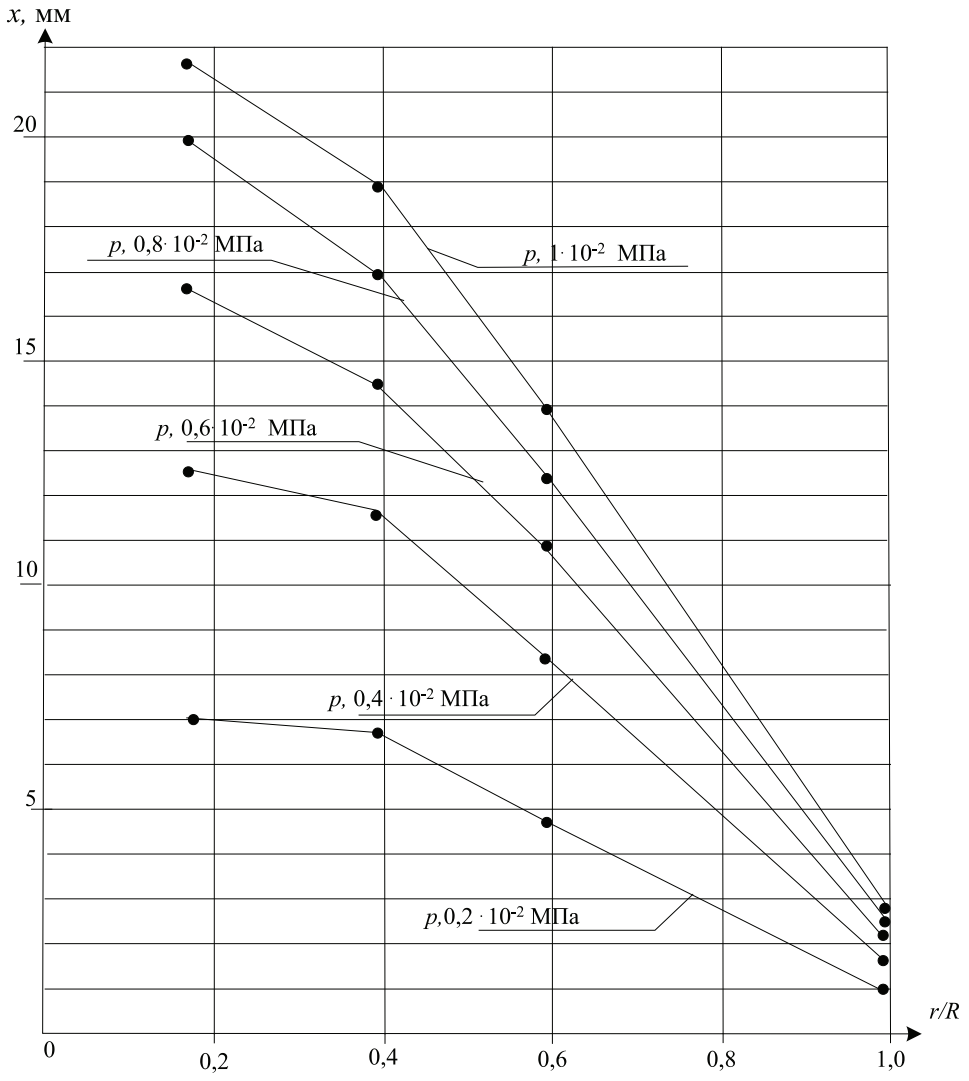


Рис. 2. Графики зависимости перемещения штока от соотношения радиуса r жесткого центра к радиусу R мембраны при полезной нагрузке N = 5 Н

Применение ограничителя мембраны, не встроенного в нее, позволяет оптимизировать размер деформируемой части мембраны в зависимости от полезной нагрузки на привод. В отсутствии полезной нагрузки на привод при давлении p в рабочее камере А (рис. 3, а) ограничитель изгибной деформации не взаимодействует с ней, а при создании полезной нагрузки (рис. 3, б) взаимодействует, увеличивая ее эффективную площадь.

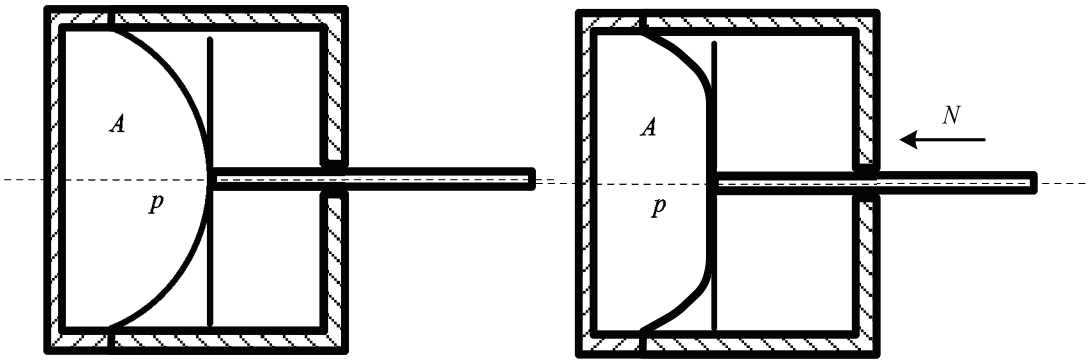
С целью визуализации пятна контакта ограничитель был выполнен прозрачным (рис. 4). Без внешнего силового воздействия (рис. 4, а) на подвижный рабочий орган ограничитель не контактирует с поверхностью мембраны, а воздействие полезной нагрузки приводит к возникновению пятна контакта ограничителя с поверхностью мембраны. Чем больше величина полезной нагрузки, чем больше пятно контакта.

Исследована зависимость величины хода штока от полезной нагрузки на привод для разных величин давления в рабочей камере и полезной нагрузки. Ограничитель устанавливался вплотную к мембране.

Силовое воздействие F от давления p в рабочей камере определялось с учетом эффективной площади $S_{эфф}$ мембраны, зависящей от пятна её контакта с ограничителем.

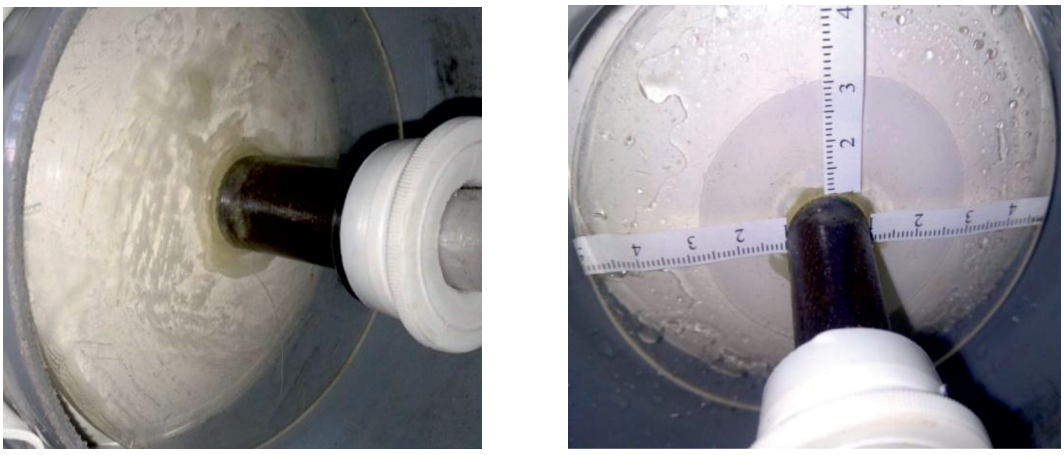
$$F = p \cdot S_{эфф} = p\pi\frac{1}{3}\left(R^2 + r_{усл}{}^2 + Rr_{усл}\right),$$

где R – радиус мембраны; $r_{усл}$ – условный радиус пятна контакта мембраны с ограничителем.



а *б*

Рис. 3. Схемы изгибной деформации мембраны при работе привода: а) без воздействия полезной нагрузки; б) с полезной нагрузкой



а) *б)*

Рис. 4. Мембрана с ограничителем её изгибной деформации при работе привода: а) без полезной нагрузки; б) с полезной нагрузкой

Условный радиус $r_{усл}$ вычисляется как средний радиус площади пятна контакта. Пример силового воздействия, создаваемого давлением при различной полезной нагрузке, с учетом изменения площади контакта мембраны с ограничителем, показан в таблице.

Таблица пятна контакта мембраны с ограничителем

N, Н	Пятно контакта, мм	*S*пк, см^2	$r_{усл}$, мм	*F*·10, Н
0	8x8x8x8	2,01	8	5,33
5	11x11x11x11	3,79	11	5,77
10	18x21x15x15	9,34	17,25	6,62
15	22x24x20x16	13,19	20,5	7,1
20	25x26x22x20	16,97	25	7,84
32	30x30x26x25	24,17	27,75	8,33
50	37x37x33x33	38,46	35	9,72
60	39x40x36x37	45,34	38	10,35

Пример результатов исследований приведен на рис. 5.

Графики показывают, что в традиционном приводе полезная нагрузка существенно влияет на ход подвижного рабочего органа, так как силовое воздействие от давления не изменяется. Применение в устройстве ограничителя изгибной деформации мембраны приводит к повышению силового воздействия от давления, увеличивая ей эффективную площадь. Это позволяет снизить зависимость хода подвижного рабочего органа от величины полезной нагрузки.

В приводе без ограничителя изгибной жесткости мембраны с увеличением полезной нагрузки, действующей на шток, его ход уменьшается до нуля при *N* равном 50 Н, так как силовое воздействие на шток от заданного давления постоянно. Использование ограничителя приводит к увеличению силового воздействия на шток от заданного давления, так как увеличивается эффективная площадь мембраны.

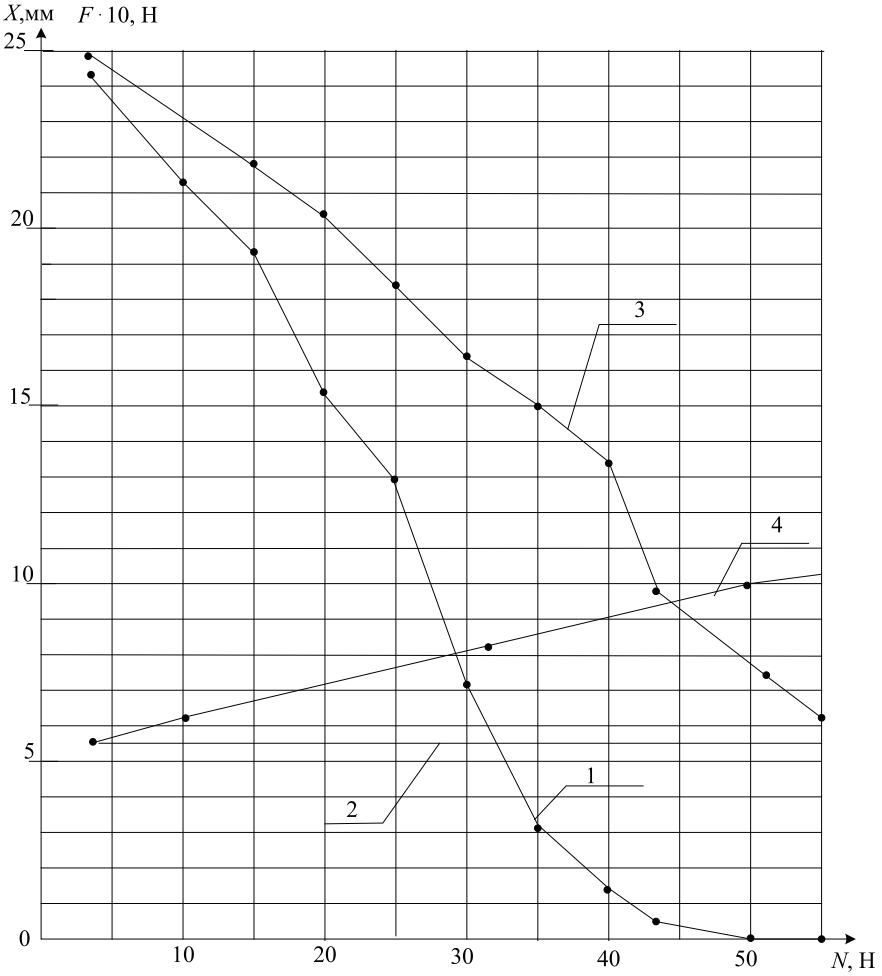


Рис. 5. Графики зависимости перемещения и силы на штоке от полезной нагрузки N при давлении 0,015 МПа, где: 1 и 2 – соответственно перемещение и сила без ограничителя; 3 и 4 – перемещение и сила с ограничителем

Заключение

В данном устройстве при полезной нагрузке 50 Н установка ограничителя изгибной деформации мембраны позволяет увеличить ход подвижного рабочего органа от нуля до 7,8 мм.

Механическая характеристика привода по интегральной оценке повышается примерно в 1,29 раза.

Таким образом, использование метода изменения эффективной площади в процессе работы и устройств для его реализации не только расширяет функциональные возможности мембранных приводов, но и значительно улучшает их технические характеристики.

Список литературы

1. Солонин В.И. Теплогидравлические процессы в активных зонах водоохлаждаемых реакторов: учеб. пособие по курсу «Конструирование реакторных установок» / В.И. Солонин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 140 с.

2. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры / Д.Ф. Гуревич. – М.: ЛКИ, 2008. – 878 с.

3. Jones, Steve. The Future of Valves and Diaphragms Supply. BioPharm International, May 1, 2013, pp. 32–33.

4. Шишкин В.В. Торовые технологии: монография / В.В. Шишкин, С.В. Скориков, А.А. Брацихин. – Ставрополь: СКОУ, 2014. – 370 с.

5. Сысоев С.Н. Метод управления приводом / С.Н. Сысоев, А.А. Воздуган // Вестник машиностроения. – 2017. – № 5. – С. 35–37.

6. Сысоев С.Н. Одномембранный привод с переменной эффективной площадью / С.Н. Сысоев, А.А. Воздуган // Международный научно-исследовательский журнал International Research Journal». – 2016. – № 4 (46), часть 2. – С. 194–196.

УДК 004.91:004.056.53

ОБ ИНДЕКСНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЗАЩИТЕ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЛЕКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

[1]Трофимова А.В., [1,2]Черников Б.В.

[1]РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: 13goan@gmail.com;
[2]ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва

В статье исследуется технология защиты текстовых документов на основе лексикологического синтеза, основой которого является набор унифицированной документации по форме и содержанию и формирование индексной последовательности. В унифицированных документах выделяются опорные слова, и по ним строится лексикологическая схема документа. Данная схема распределена по уровням уточнения информации: вид документа, заголовок документа и далее информация, присущая отдельному виду документа. Параллельно созданию документа по лексикологической схеме формируется индексная последовательность этого документа. Цель ее формирования – защищенное хранение и передача документа по каналам связи в виде информационной посылки. В тексте статьи описывается процесс фиксации индексной последовательности, приводятся аспекты работы с индексной последовательностью, которые необходимо структурировать и формализовать. Разбирается пример формирования последовательности по фрагменту лексикологической схемы организационно-распорядительной документации вуза. В процессе исследования определяется необходимость разработки методологической модели для формализации процесса и повышения эффективности создания индексной последовательности.

Ключевые слова: электронный документ, защита сведений, лексикологический синтез, индексная последовательность, информационная посылка

THE INDEX SEQUENCE IN PROTECTION OF DOCUMENTS BASED ON LEXICOLOGICAL SYNTHESIS

[1]Trofimova A.V., [1,2]Chernikov B.V.

[1]Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: 13goan@gmail.com;
[2]OOO «Gazprom VNNIGAZ», Moscow

The article investigates the protection of text documents on the basis of lexicological synthesis. The basis of lexicological synthesis is a set of standardized documentation in form and content and the formation of an index sequence. In standardized documents, reference words are allocated, and a lexicological diagram of the document is constructed on them. This scheme is distributed according to the levels of information clarification: the type of document, the title of the document and further information inherent in a separate type of document. Parallel to the creation of a document on the lexicological scheme, the index sequence of this document is formed. The purpose of its formation is the secure storage and transmission of the document through communication channels in the form of an information message. The process of fixing the index sequence is described. The aspects of work with the index sequence that need to be structured and formalized are introduced. An example of the formation of a sequence according to the fragment of the lexicological scheme of organizational and administrative documentation of the university is analyzed, determined the need to develop a methodological model for the formalization of the process and effectiveness of creating the index sequence. The methodological model of the formation of the index sequence makes it possible to effectively use document protection technology based on lexicological synthesis.

Keywords: electronic documents, data protection, lexicological synthesis, index sequence, information package

В любой современной организации циркулирует информация, относящаяся к конфиденциальной: персональные данные сотрудников и клиентов, коммерческая тайна, служебная тайна. В целях обработки такой информации в соответствии с требованиями законодательства необходимо осуществлять ее комплексную защиту от различных угроз. Основной опасностью является несанкционированный доступ к данным, который влечет за собой нанесение материального и других видов ущерба организациям.

Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» для комплексной защиты конфиденциальной информации определяет использование организационно-правовых и технических мер в совокупности [1].

Наиболее распространенный технический метод защиты информации – шифрование, но и он имеет свои недостатки, самым существенным из которых следует считать то, что для шифрования необходим уже готовый документ. Перспективным способом для обеспечения безопасности информации при ее хранении и передаче по каналам связи является защита текстовых документов на основе лексикологического синтеза [2]. Использование данной технологии позволяет оперировать не самим документом, даже если он зашифрован, а информационной посылкой, при перехвате которой вероятность раскрытия сведений из документа минимальна.

Актуальность и цель исследования

Обеспечение конфиденциальности информации достигается путем применения

комплексной защиты, в том числе и технических мер. Шифрование информации является самым распространенным методом защиты информации от утечки. Но его использование связано со значительными ресурсными затратами, такими как время и производительность процессоров. Кроме того, шифрованию подлежит уже готовый документ. С целью снижения затрат на защиту информации при передаче электронных документов по каналам связи необходимо рассмотреть альтернативу шифрованию, способ, минимизирующий использование различных ресурсов. Перспективным методом является защита текстовых документов на основе лексикологического синтеза, базисом которого является унификация документов и формирование индексной последовательности, передаваемой по каналу связи [2].

Верхнеуровневый процесс использования технологии лексикологического синтеза выглядит следующим образом. На стороне отправителя в автоматизированном режиме формируется документ, и параллельно этому процессу по определенным правилам фиксируется последовательность символов, называемая индексной последовательностью. При ее перехвате восстановить документ практически невозможно без такой базы знаний, как у отправителя. После создания документа индексная последовательность передается по каналу связи, и на ее основе получатель восстанавливает также по определенным правилам исходный документ. Эффективность защиты текстовых документов на основе лексикологического синтеза во многом зависит от процесса формирования индексной последовательности. Необходимо ли уделять формализации данного процесса основное внимание?

Цель исследования – определить аспекты формирования индексной последовательности, которые необходимо формализовать для эффективного использования технологии создания документов на основе лексикологического синтеза.

Правовая основа защиты информации

Началом защиты конфиденциальной информации является ее правовое обеспечение. Основополагающий правовой документ – Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г. [3]. В ст. 23 и 24 сказано: «Каждый имеет право на неприкосновенность частной жизни, личную и семейную тайну, защиту своей чести и доброго имени. Каждый имеет право на тайну переписки, телефонных переговоров, почтовых, телеграфных и иных сообщений. Сбор, хранение, использование и распространение информации о частной жизни лица без его согласия не допускаются» [3].

К информации конфиденциального характера в соответствии с Указом Президента РФ от 6 марта 1997 г. № 188 «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера» относятся: персональные данные, коммерческая тайна, служебная тайна, профессиональная тайна, тайна следствия и судопроизводства, а также сведения о сущности изобретения, полезной модели или промышленного образца до официальной публикации [4]. Согласно ст. 16 Федерального закона от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» «Защита информации представляет собой принятие правовых, организационных и технических мер, направленных на:

1) обеспечение защиты информации от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также от иных неправомерных действий в отношении такой информации;

2) соблюдение конфиденциальности информации ограниченного доступа;

3) реализацию права на доступ к информации» [5].

Каждый из видов информации конфиденциального характера, и требования к его защите определяются также другими нормативными актами, к которым можно отнести следующие: Федеральный закон РФ от 21.07.1993 № 5485-1 «О государственной тайне», Федеральный закон от 29.07.2004 № 98-ФЗ «О коммерческой тайне», Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных», Федеральный закон от 02.12.1990 № 395-1 «О банках и банковской деятельности» и другие. Например, согласно Федеральному закону от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» «персональные данные – любая информация, относящаяся к прямо или косвенно определенному или определяемому физическому лицу (субъекту персональных данных)», а также операторы и иные лица, получившие доступ к персональным данным, обязаны не раскрывать третьим лицам и не распространять персональные данные без согласия субъекта персональных данных, если иное не предусмотрено федеральным законом [1].

Нормативно-правовые акты дают основу для построения системы защиты информации.

Организационные меры защиты информации

Система защиты информации состоит из множества методов и средств защиты.

В работе [6] М.В. Тулупов наиболее важным их них выделяет комплекс специальных мер правового и административного характера, организационных мероприятий.

Практически во всех организациях первым эшелоном защиты конфиденциальной информации являются именно организационные меры. К ним следует отнести такие мероприятия, как контроль действий сотрудников, аудит текущей системы защиты информации, разработку локальных нормативных документов, регламентирующих работу с конфиденциальной информацией, и другие. Однако организационные меры защиты не обеспечивают безопасность на техническом уровне, не учитывают технические каналы утечки информации.

Технические меры защиты информации

В состав мер по обеспечению безопасности персональных данных, реализуемых в рамках системы защиты персональных данных с учетом актуальных угроз безопасности персональных данных и применяемых информационных технологий, входят [7]:

- идентификация и аутентификация субъектов доступа и объектов доступа;
- управление доступом субъектов доступа к объектам доступа;
- ограничение программной среды;
- защита машинных носителей информации, на которых хранятся и (или) обрабатываются персональные данные;
- регистрация событий безопасности;
- антивирусная защита;
- обеспечение целостности информационной системы и персональных данных;
- обеспечение доступности персональных данных;
- защита технических средств;
- защита информационной системы, ее средств, систем связи и передачи данных;
- управление конфигурацией информационной системы и системы защиты персональных данных и др.

При передаче данных по каналам связи наиболее распространенным методом защиты является шифрование содержимого документа, а также организация виртуальных частных сетей. В работе [8] указаны основные недостатки при использовании шифрования, такие как время на организацию процессов шифрования и дешифрования, требования к производительности процессоров, сложности управления ключами.

Комплексная защита информации обеспечивается совместным использованием как организационных, так и технических мер защиты информации.

Защита данных на основе лексикологического синтеза

За основу данной технологии защиты берется автоматизированное создание документов, которые унифицированы по форме и содержанию. Каждый синтезируемый документ раскладывается на опорные слова, которым соответствуют текстовые фрагменты. Сформированный набор формулировок сохраняется в виде индексированной совокупности элементов (например, в виде базы знаний). Каждой формулировке ставится в соответствие основное слово, выбор которого однозначно определяет наличие конкретной формулировки в документе. Такие слова называются опорными и образуют основу лексикологической схемы формируемого документа (возможный вид лексикологической схемы приведен на рис. 1), которая фактически представляет собой онтологию автоматизируемого комплекса документов. Способы внедрения отдельных частей документа зависят от конкретного типа информации, содержащейся в документе, и отображаются на лексикологическом дереве документа.

Лексикологическое дерево, представленное на рис. 2 на примере документа «Приказ об изменении программы обучения студента», отображает, к какой категории относятся отдельные блоки информации. Например, автор документа в данном случае сопоставляется с наименованием организации, и эти сведения относятся к унифицированной постоянной информации.

Как отмечено в работе [9], документ может содержать четыре типа информации, каждый из которых имеет свои особенности и, соответственно, различается по способу внедрения в документ. К унифицированной постоянной информации относится постоянная и редко меняющаяся информация, например заголовок документа или наименование организации. Унифицированная переменная информация включает формализованные данные, которые хранятся в базе знаний. Переменная вводимая информация представляет конкретизирующие данные для конкретного экземпляра документа. К неунифицированной информации относятся свободные формулировки, вводимые в документ непосредственно с клавиатуры.

Унифицированная постоянная информация внедряется при формировании документа автоматически. Унифицированная переменная информация добавляется путем выбора из предлагаемого списка. Сведения, относящиеся к переменной вводимой и неунифицированной переменной информации, вносятся путем свободного ввода.

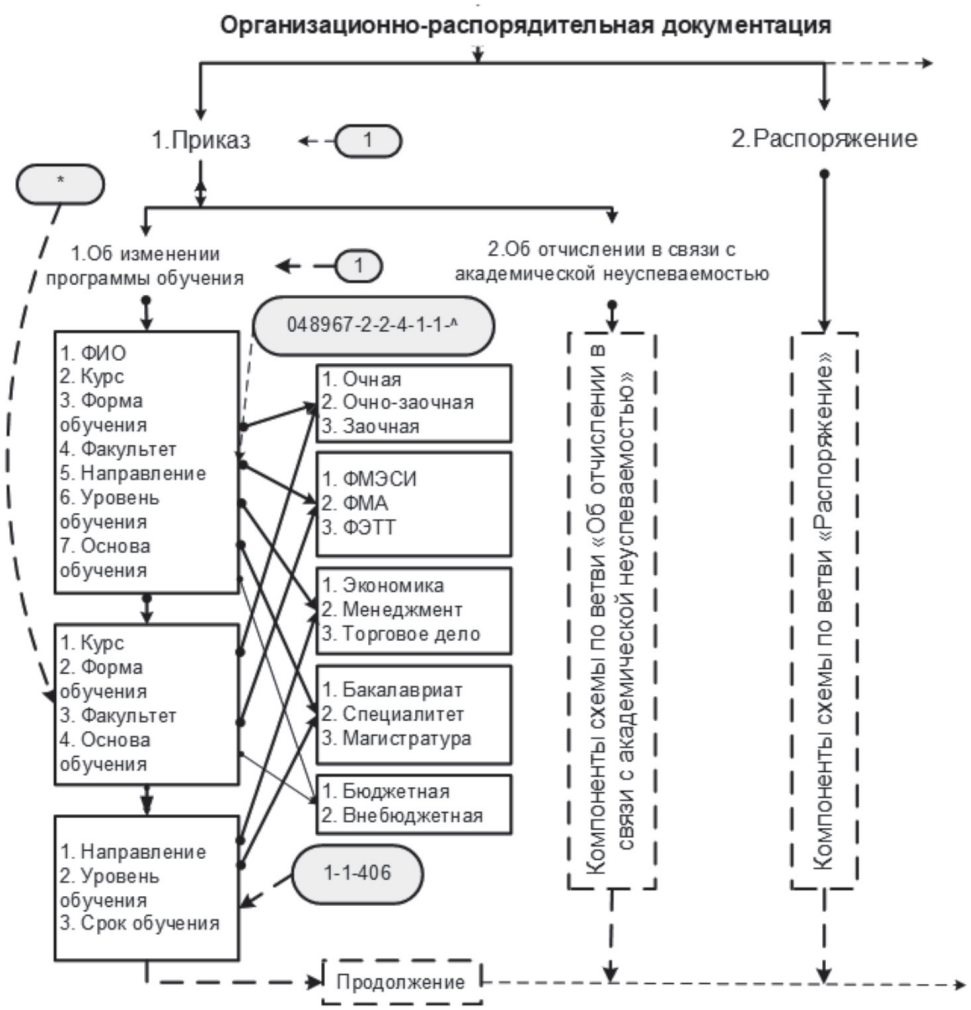


Рис. 1. Фрагмент лексикологической схемы организационно-распорядительной документации вуза

При формировании документа создается индексная последовательность, которая, в свою очередь, передается по каналу связи. Структура процесса фиксации индексной последовательности приведена в работе [2]. Индексная последовательность построена таким образом, чтобы без доступа к лексикологической схеме документа было невозможно восстановить его содержимое, тем самым обеспечивая полную конфиденциальность.

Индексная последовательность содержит следующие элементы:

- индекс формы (типа) документа;
- индекс заголовка документа;
- индексы опорных слов;
- зашифрованные свободные формулировки;
- индекс электронной подписи.

Защита документов, обеспечиваемая на основе применения технологии лексикологического синтеза при передаче по каналам связи и хранении, осуществляется следующим образом. На стороне отправителя формируется информационная посылка, содержащая индексную последовательность, которая и отправляется по каналу связи. На стороне получателя после получения данной посылки происходит автоматическое восстановление документа. Данная технология работает только при наличии у обеих сторон согласованной лексикологической схемы и дерева, без которых создание и последующее восстановление документа невозможны.

Аспекты формирования индексной последовательности

Унифицированный набор документов формируется путем глубокого информационного анализа документации организации, выявления наиболее часто используемых видов документов и их унификации по форме и содержанию.

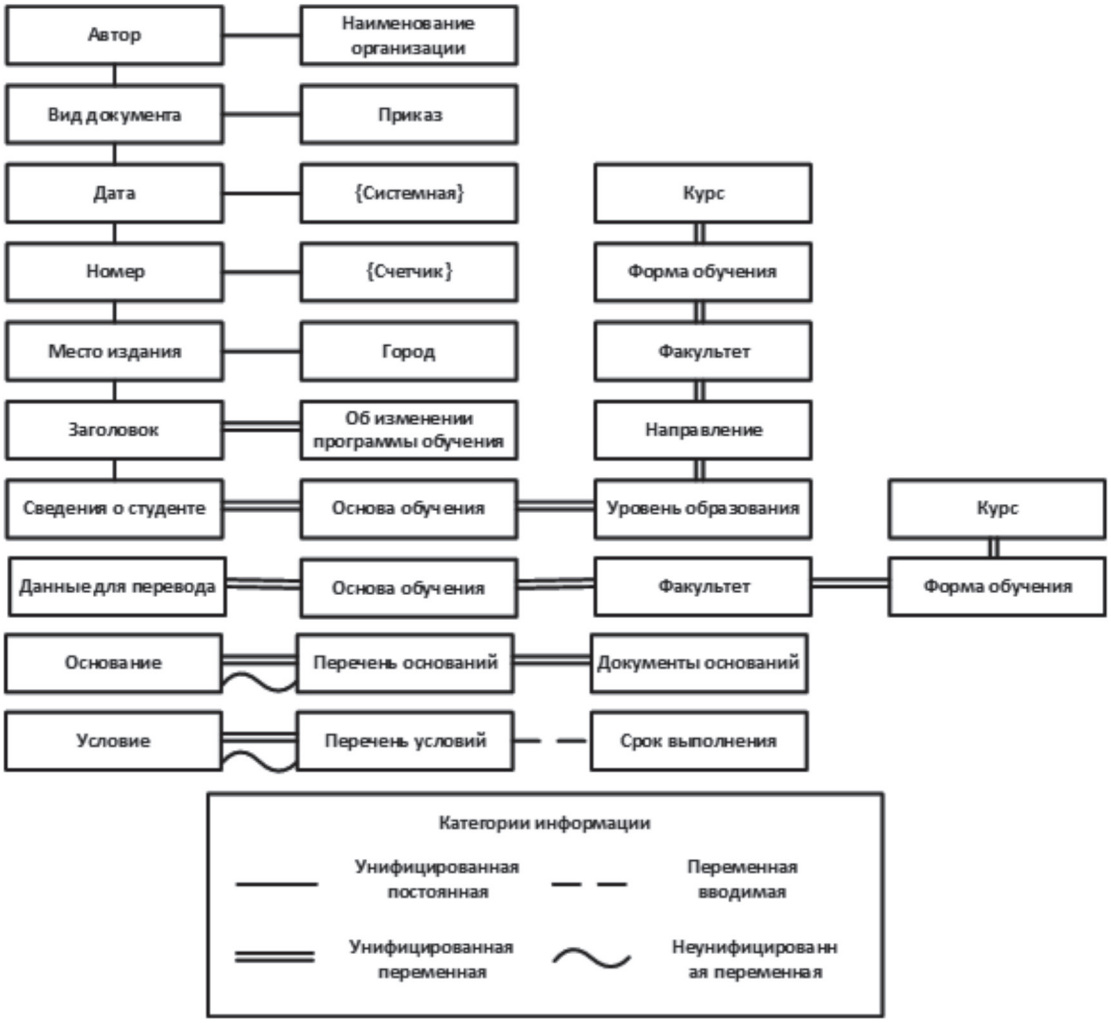


Рис. 2. Лексикологическое дерево приказа об изменении программы обучения студента

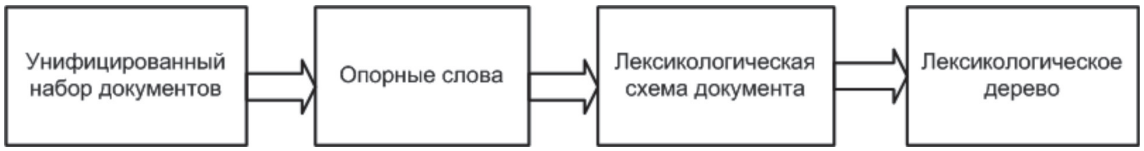


Рис. 3. Элементы технологии лексикологического синтеза

Опорные слова выделяются из унифицированных документов и используются при автоматизированном создании этих документов. Лексикологическая схема документа отображает связь опорных слов, соответственных формулировок, а также их индексы. Лексикологическое дерево отображает способ внедрения формулировок в зависимости от класса информации, к которому они относятся [10].

Формированию индексной последовательности предшествует реализация самой технологии создания документов на основе лексикологического синтеза. Элементы описываемой технологии представлены на рис. 3. Опорные слова определяются из унифицированного набора документов. По опорным словам и связанным формулировкам строится лексикологическая схема, на основе которой формируется лексикологическое дерево.

С целью более эффективного использования технологии защиты документов на основе лексикологического синтеза целесообразно в последующем исследовании разработать методологическую модель формирования индексной последовательности,

которая должна включать следующие компоненты:

- структура индексной последовательности;
- алгоритм формирования индексной последовательности.

Процесс формирования индексной последовательности можно представить в виде алгоритмической модели с целью последующей реализации данной технологии защиты документов.

Пример индексной последовательности

Время формирования индексной последовательности зависит от ее структуры. Унифицированный документ состоит из уровней уточнения информации, по которым и осуществляется фиксация индексной последовательности. В качестве примера индексную последовательность, формируемую по лексикологической схеме (рис. 1), можно записывать следующим способом (нумерация элементов внутри блоковых фигур означает просто номер компонентов внутри блока и не имеет отношения к формируемой индексной последовательности).

Представленная индексная последовательность сформирована на основе фрагмента лексикологической схемы организационно-распорядительной документации вуза (рис. 1).

Первому уровню присваивается индекс 1, которому соответствует вид документа «Приказ», второму уровню – индекс 2 с соответствующим заголовком «Об изменении программы обучения», третьему – код студента 048967, 2 курс, очно-заочная форма обучения с индексом 2, факультет, направление, уровень обучения. Основа обучения не выбирается, следовательно, ставится знак «^». Четвертый уровень не уточняется, указывается знак «*». Пятому уровню соответствуют индексы направления, уровня обучения и срока обучения.

Результирующая индексная последовательность имеет вид

1:1:048067-2-2-4-1-1-^:*:1-1-406,

где уровни уточнения информации разделяются знаком «:», внутриуровневое разделение обозначается символом «–», отсутствие уточняющей информации на уровне «*», отсутствие информации внутри уровня – «^».

Свободные формулировки из документа в зашифрованном виде можно размещать в конце индексной последовательности с указанием позиции их расположения. Детальное рассмотрение процесса формирования индексной последовательности является предметом для дальнейшего исследования, к основным задачам которого следует относить сокращение размера формируемой индексной последовательности (включая фрагменты неунифицированной информации и ее размещение в информационной посылке).

ПРИКАЗ

09 марта 2017 г. №

г. Москва

Об изменении программы обучения

ПРИКАЗЫВАЮ:

I. Перевести студентов 2 курса очно-заочной формы обучения факультета дистанционного обучения Университета, обучающихся по направлению "Экономика" (бакалавриат) на внебюджетной основе, в число студентов 1 курса очной формы обучения факультета математической экономики, статистики и информатики Университета, обучающихся на внебюджетной основе по следующему списку:

- на направление "Экономика" (бакалавриат), со сроком обучения 4 года 6 месяцев:

1.

Рис. 4. Фрагмент приказа об изменении программы обучения

Лексикологической схеме соответствует фрагмент документа, представленного на рис. 4. За черными рамками скрыта конфиденциальная информация университета, а также возможные сведения, относящиеся к категории персональных данных.

Заключение

1. Эффективность формирования индексной последовательности зависит от ее структуры и способа ее фиксации. Индексная последовательность должна содержать минимум знаков и символов, но быть читаема и восстанавливаема на стороне получателя при наличии согласованной лексикологической схемы.

2. Представлен пример формирования индексной последовательности на основе организационно-распорядительной документации вуза. При определении лексикологической схемы и дерева всего набора документации вуза технология лексикологического синтеза позволяет создавать и передавать документы в определенном формате, обеспечивающем необходимый уровень защиты передаваемых сведений от несанкционированного доступа.

3. В дальнейшем исследовании необходимо разработать методику фиксации индексной последовательности и решить следующие задачи:

- разработка структуры индексной последовательности;
- разработка алгоритма формирования индексной последовательности при защите документов на основе лексикологического синтеза;
- формирование правила работы со свободными формулировками (неунифицированной информацией) и их шифрования.

Список литературы

1. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» // Российская газета от 29 июля 2006 г. № 165.

2. Черников Б.В. Технология защиты информации текстовых документов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – № 6 (155). – С. 173–185.

3. Конституция Российской Федерации от 12 декабря 1993 г. // Парламентская газета от 23 января 2009 г. № 4.

4. Указ Президента РФ от 6 марта 1997 г. № 188 «Об утверждении перечня сведений конфиденциального характера» // Собрание законодательства Российской Федерации. Изд-во «Юридическая литература». – 10 марта 1997. – № 10, ст. 1127.

5. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // Парламентская газета от 03 августа 2006 г. № 126–127.

6. Тулупов М.В. Роль и место организационно-правовой защиты информации в обеспечении информационной безопасности предприятия // Гаудеамус. – 2014. – № 2 (24). – С. 204–206.

7. Приказ ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. № 21 // Российская газета от 22 мая 2013 г. № 107.

8. Баричев С.Г., Гончаров В.В., Серов Р.Е. Основы современной криптографии. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2001. – 120 с.

9. Черников Б.В. Способ автоматизированного лексикологического синтеза документов с защищенной информацией при передаче их по каналам связи. Патент РФ № 2331104, 2008.

10. Черников Б.В. Лексикологический синтез документов в комплексах информационных систем. – М.: ИД «ФОРУМ», 2017. – 336 с.

УДК 378.14

РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА ПОСРЕДСТВОМ ПРОЕКТНОГО МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ

Ахмедьянова Г.Ф.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: ahmedyanova@bk.ru

Работа посвящена исследованию влияния проектной деятельности студентов на процесс их профессионального становления в отношении развития творческого потенциала. Развивающее начало проектной деятельности заключено в создании субъективно нового продукта или новообразования, причем новизна может относиться и к познавательной деятельности. Умение проектировать в конечном счете составляет основу профессионализма. Далее определены этапы и раскрыто содержание деятельности студентов при непосредственном осуществлении проектирования. Развитие творческого потенциала рассмотрено с позиций управления абстрактным объектом, из чего следует, что развивать творческий потенциал необходимо не только прямым воздействием на обучающегося, но и созданием для него условий, способствующих, ускоряющих его развитие. Показано, что развитие творческого потенциала проектным методом обучения требует использования знаний междисциплинарного и наддисциплинарного характера и тем самым переводит обучающегося на другой уровень отношения к будущей профессиональной деятельности. Создавая для обучающихся условия максимально близкие к профессиональной деятельности, проектное обучение развивает желание находить проблемы, противоречия и прогрессивно менять действительность с целью их устранения. Накопленный при проектировании творческий опыт становится неотъемлемой частью компетентности выпускника, его превращения в конкурентоспособного инженера. Исследование основывается на опыте организации проектной деятельности студентов направлений подготовки Системный анализ и управление и Управление в технических системах и демонстрирует возрастание творческого потенциала с увеличением объемов проектирования.

Ключевые слова: проектный метод, творческий потенциал, педагогическая технология, будущий инженер, метауровень знаний, качество образования

DEVELOPMENT OF CREATIVE POTENTIAL OF THE FUTURE ENGINEER BY THE PROJECT METHOD OF TRAINING

Akhmedyanova G.F.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: ahmedyanova@bk.ru

The work is devoted to the study of students' project activity influence on the process of its professional development in relation to the development of creative potential. The developing beginning of the project activity is concluded in the creation of a subjectively new product or neoplasm, and the novelty can also refer to cognitive activity. The ability to design, ultimately, is the basis of professionalism. The stages are further defined and the content of students' activities is disclosed in the direct implementation of design. The development of creative potential is considered from the point of view of management of an abstract object, from which it follows that it is necessary to develop creative potential not only by direct influence on the learner, but also by creating conditions for facilitators that accelerate this development. It is shown that the development of creative potential by the project method of teaching requires the use of knowledge of an interdisciplinary and supra-disciplinary nature and thereby transforms the learner to a different level of attitude to future professional activity. By creating conditions that are as close to professional activity as possible for the trainees, project training develops the desire to find problems, contradictions and progressively change the reality with the aim of eliminating them. Accumulated in the design of creative experience becomes an integral part of the graduate's competence, his transformation into a competitive engineer. The study is based on the experience of organizing the project activity of students in the areas of training – System Analysis and Management and Control in technical systems and demonstrates the growth of creative potential with increasing design volumes.

Keywords: project method, creative potential, pedagogical technology, future engineer, meta-level of knowledge, quality of education

Автоматизация и компьютеризация современной жизни являются неотъемлемыми тенденциями прогресса. Вследствие этого уменьшается рутинная составляющая инженерной деятельности и неизмеримо возрастает роль творческой составляющей. Однако творчество – это не совокупность знаний, которую необходимо усвоить обучающемуся, ему можно научиться только многократным решением новых задач, поиском новых подходов, применением имеющихся знаний, то есть через саморазвитие, самореализацию. Лучше всего, по нашему мнению, здесь подходит обучение с помощью метода проектов, то есть погружение обучающегося в реальный или близкий к реальному процесс проектирования [1].

«Проект – это совокупность действий, ограниченная во времени и имеющая целью создание некоторого уникального продукта» [2]. Здесь подчеркнута принципиальная новизна конечного продукта проектной деятельности.

Метод проектов в педагогике, который принято также называть проектным обучением, является действенным инструментом

развития профессиональных компетенций будущего инженера [1, 3, 4]. Проектное обучение демонстрирует обучающемуся необходимость и возможность применения имеющихся у него знаний, но даже в большей степени оно требует значительной творческой составляющей в обучении, творческого напряжения и поиска, трудно достижимых другими педагогическими средствами [5].

Е.С. Полат определяет проектный метод обучения как «метод», включающий «определенную совокупность учебно-познавательных приемов, которые позволяют решить ту или иную проблему в результате самостоятельных действий учащихся с обязательной презентацией этих результатов» [6].

Несмотря на очевидные достоинства проектного метода, в последнее время обозначилась тенденция сокращения числа курсовых работ и проектов при подготовке будущих инженеров. Не умаляя достоинств других видов занятий, все же охарактеризуем эту тенденцию как негативную и попробуем это аргументировать.

Данное исследование ставит целью выявить механизмы развития творческого потенциала обучающегося при осуществлнии им проектной деятельности, для чего решаются задачи связанные с выявлением функций проектирования, способа управления этим развитием как абстрактным объектом, способа измерения уровня творческого потенциала и практическая оценка результатов такого обучения.

Теория

Проектирование заставляет обучающегося привлекать знания, которые до этой поры лежали «мертвым грузом». Знания могут глубоко усваиваться только тогда, когда обучающийся осознает в них потребность. При этом они достраиваются метауровнем [7, 8], позволяющим отвечать на вопросы: как это делать, где найти необходимые части, как достигать поставленных целей.

Творческий потенциал обычно позиционируется как возможность создавать (творить) что-то новое. Естественно, чем внушительнее творение, тем потенциал должен быть выше. В этом смысле курсовой проект превосходит другие виды самостоятельной работы, такие как расчетно-графическое задание, реферат, эссе.

Очевидно, творческий потенциал и есть тот достраиваемый уровень, который делает обучающегося инженером, создателем новых устройств или технологий. С другой стороны, творческий потенциал, поскольку он – потенциал, есть вещь в себе, не реализовавшаяся до поры до времени возможность, узнать же о нем можно только по его проявлениям. В образовательном процессе именно проектный метод позволяет проявить и развить творческий потенциал, который в первую очередь проявляется и в творческом мышлении. При этом само творческое мышление существенно связано с созданием субъективно нового продукта или новообразования. Причем новизна может относиться и к познавательной деятельности. Творческое мышление наиболее востребовано при решении особых задач, называемых интеллектуальными.

По мнению М.С. Кагана, «творческий потенциал личности определяется полученными ею и самостоятельно выработанными умениями и навыками, способностями к действию, созидательному и (или) разрушительному, продуктивному или репродуктивному, и мерой их реализации в какой-либо (или нескольких) сфере труда, социально-организаторской и революционно-критической деятельности» [9].

Рис. 1. Различные аспекты инженерного творческого потенциала

Учитывая данное определение, будем рассматривать в данном исследовании инженерный творческий потенциал в трех аспектах, как изображено на предложенной нами структуре (рис. 1). В этой схеме особо обращает на себя внимание важный для данного исследования факт, что развивать творческий потенциал можно с помощью проектирования.

Творчество является естественной противоположностью технологии. По закону единства и борьбы противоположностей технология и творчество неотделимы друг от друга. Единство их в том, что они являются способами получения результата. С другой стороны, сам процесс получения результата в этих двух случаях резко отличается.

Если технология – это результат гарантированного качества и количества произведенной продукции, при условии выполнения технологических режимов и условий, то при творческом подходе результат рождается на вдохновении, на озарении, разово, неповторимо.

Чаще всего творчество предшествует технологии – на современном этапе в виде научного исследования, затем, многократно повторяясь и отрабатываясь, творческий процесс создания нового продукта превращается в технологию [10–12].

Проектирование с этой позиции содержит больше творческого, чем технологического, и, стало быть, развивает в проектанте творческий потенциал. Выявление проблемы, постановка задач проектирования, поиск решения выявленных проблем, задачи синтеза системы являются творческими процедурами и одновременно этапами проектирования продукта. Только опыт проектирования, многократно повторяясь, превращает обучающегося в профессионального инженера.

Проектный метод обучения, естественно, должен включать аналогичные этапы, как любой творческий процесс, которые способствуют построению в голове обучающегося определенной методологии создания новшества. Он позволяет осуществить «обучение через делание». При этом обучающийся включен в активный познавательный процесс, он самостоятельно формулирует проектную проблему, выбирает необходимую для принятия проектных решений информацию, исследует различные варианты решения проблем, приходит к необходимым выводам, постоянно анализирует свои действия и тем самым приобретает неоценимый учебный и жизненный опыт, который можно получить только во время непосредственного проектирования.

На развитие творческого потенциала будущего инженера можно взглянуть с точки зрения метасистемного подхода. В таблице автором представлены функции, реализуемые в процессе проектирования, а также аспекты творческого потенциала, развиваемые при их реализации.

Как следует из этой таблицы, стратегия сочетания применяемых при проектировании функций или их последовательной реализации позволит целенаправленно развивать различные аспекты творческого потенциала в соответствии с указанными в таблице связями.

Аспекты творческого потенциала, развиваемые при реализации проектных функций

Функции проектирования					
обоснование актуальности	критика исходного состояния	постановка цели и задач	моделирование	эксперимент	проведение системного инженерного синтеза
образность, системность	прогнозирующая способность, умение логически увязывать факты	умение строить логическое «дерево» целей	пространственное воображение и мышление, оперирование методом аналогий, ассоциативное и аналитическое мышление и последующий системный синтез, умение «вжиться» в образ создаваемого продукта	алгоритмическая аккуратность в действиях, внимательность к мелочам, упорство и последовательность в достижении поставленной цели	репродуктивные функции, проявление творческих моментов
Аспекты развития творческого потенциала					

Модель и методы

Важно не забывать, что творческий потенциал с точки зрения управления – объект абстрактный, поэтому он не допускает прямых управляющих воздействий, как и прямых измерений его уровня. Материальным носителем творческого потенциала является обучающийся. Управление, допустимое здесь, может быть только косвенным, воздействующим на обучающегося, так же как и измерение уровня творческого потенциала, что представлено автором в виде схемы (рис. 2). Из рисунка следует, что развивать творческий потенциал необходимо не только прямым воздействием на обучающегося, но и созданием для него условий, способствующих, ускоряющих его развитие.

Поскольку в данном исследовании речь идет о проектном обучении, под условиями следует понимать наличие необходимой информации, легкий и быстрый доступ к ней (библиотека, интернет), обеспечение вычислительной техникой, наличие помещения и средств моделирования и так далее. Кроме этого необходимо соблюдать некоторую технологию, системность в проектировании, в первую очередь в отношении этапности.

Первым этапом в любом проектировании является обоснование актуальности выбранной тематики. Проектант должен в первую очередь себе доказать, что занимается нужным и важным делом. При обосновании актуальности, во-первых, подчеркивается своевременность проектируемого продукта, а во-вторых, анализируется готовность необходимых условий для его проектирования.

При обосновании актуальности хорошо привести графики возрастания числа публикаций по тематике проекта, возрастание вклада в социальную действительность предмета проектирования в экономическом, социальном, техническом планах и даже в отношении «моды» на выбранное новшество.

Вторым этапом процесса проектирования является анализ исходного состояния и критика имеющихся технических решений. При этом описываются все технические решения, имеющиеся на данный момент, то есть отвечаем на вопрос, как это делается сегодня. В существующих технических решениях находятся противоречия, проблемы. Критика технических решений, вызвавших эти противоречия и проблемы, должна быть конструктивной, определяющей вектор направления, в котором затем пойдет проектирование. Как видим, при таком подходе проектант развивает прогнозирующую способность, умение логически увязывать факты и, наконец, прослеживает системную взаимосвязь всех составляющих проектной деятельности.

Цель проектирования должна, ставиться так, чтобы ее достижение снимало выявленные противоречия и проблемы. При этом цель должна подчеркивать социальную полезность или внешний эффект проектируемого новшества, а то, чем цель достигается, описывается в дополнении к цели в конце формулировки (например, повышение точности функционирования на основе разработки алгоритмов оценки погрешностей…).

Цель может быть разветвленной и составлять так называемое дерево целей, но чаще цель должна достигаться решением соответствующих задач. При этом задачи должны быть естественным образом обособлены друг от друга, по возможности не пересекаться в отношении инструментов и процедур, применяемых методов.

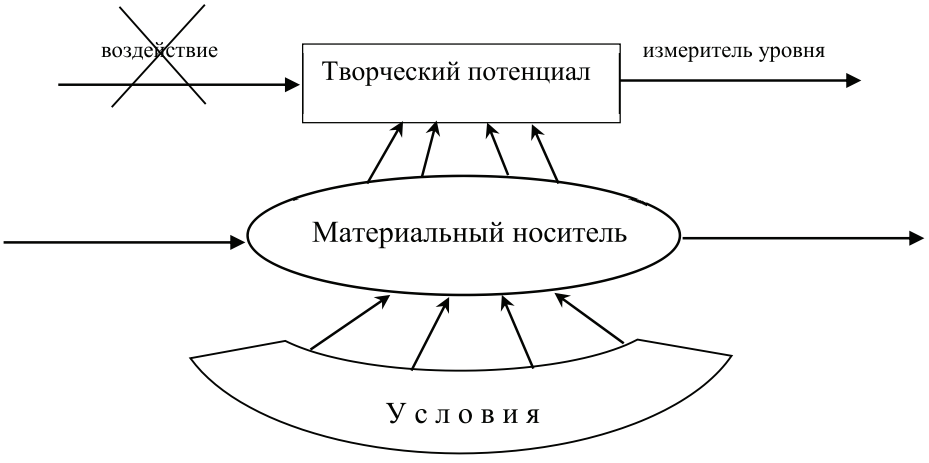


Рис. 2. Схема управления абстрактным объектом

Первой задачей обычно является различного рода моделирование с сопутствующим инженерным анализом. Моделирование развивает целый комплекс творческих функций: пространственное воображение и мышление, оперирование методом аналогий, ассоциативное и аналитическое мышление и последующий системный синтез, а иногда даже умение «вжиться» в образ создаваемого продукта с целью осознания природы его поведения. К тому же само моделирование, благодаря возможностям современной вычислительной техники, может стать инструментом отработки различных вариантов проектного обучения [13] с целью повышения их эффективности в развитии творческого потенциала.

Другой задачей может стать системное исследование функционирования отдельных частей или всего изделия в целом. Исследование может проводиться как на модели, так и на некотором быстроизготавливаемом прототипе. Исследование требует от экспериментатора как алгоритмической аккуратности, так и аккуратности в действиях, внимательности к мелочам, упорства и последовательности в достижении поставленной цели, а также использования знаний междисциплинарного и наддисциплинарного характера.

Существует различие в подходах к проектированию в зависимости от двух видов объектов проектирования: конструкции или технологии. Если при проектировании конструкции важно функциональное взаимодействие деталей, из которых состоит конструкция, при проектировании технологии необходимо выделить этапы, стадии, операции, процедуры и рассматривать взаимодействие уже между ними. То есть конструкция – структурированный объект, состоящий из каких-то частей, а технология изготовления изделия структурируется по операциям или процедурам.

Завершающим этапом становится выбор конструктивных элементов изделия и выполнение различных видов расчетов: прочностных, кинематических, гидравлических, тепловых, электротехнических, оптических, а также окончательная компоновка изделия, изготовление рабочих чертежей, хотя бы сборочных. При этом, конечно, развиваются в первую очередь репродуктивные функции, хотя в отдельные моменты возможно проявление творческих моментов. На этом этапе необходимо привлекать знания по различным дисциплинам и знание различных стандартов. Именно применение стандартов и нормативов, а также знание основ взаимозаменяемости позволяют инженерам понимать друг друга и изготавливать спроектированный продукт в отсутствии проектанта.

Важны так же и применяемые методы проектирования. Первые методы проектирования (до появления чертежного метода) объединяли и проектирование и изготовление. Так работали кустари и ремесленники (кустарный промысел). Они создавали свои творения (храм, изба, телега и т.п.), не прибегая ни к эскизам, ни к чертежам, весь план был только у них в голове и мог исчезнуть вместе с ними. Легенда гласит, что создатель храма Кижи, завершив работу, бросил свой топор в озеро и сказал: «Не было и уже не будет еще ничего подобного». По этой же причине в легенде царь ослепил строителя храма, чтобы тот не смог никому другому создать что-то аналогичное [14].

Чертежный метод изложения результатов проектирования помогает проектанту увидеть придуманную им реализацию, которая до этой поры существовала лишь в его голове, проверить ее на собираемость, технологичность изготовления, надежность функционирования будущего изделия, позволяет подключить коллективный разум за счет разделения общей работы на части.

То есть чертежный метод позволяет обеспечить [14]:

– отделение процесса проектирования продукта от технологического процесса его изготовления. Это, в свою очередь, приводит к «экспериментированию» на чертежах, а не на реальном продукте и разделяет труд проектировщиков и изготовителей;

– сокращение сроков создания и изготовления продуктов за счет повышения производительности труда;

– создание сложных технических изделий, которые невозможно изготовить одному человеку в приемлемые сроки (морские суда большого водоизмещения, многоэтажные здания и т.п.).

Проходя все этапы проектирования (желательно многократно), обучающийся последовательно вырабатывает в себе не только творческие, но и технологические приемы проектирования, глубоко знакомится с областью своей будущей профессиональной деятельности, приобретает навыки, которые остаются с ним на всю жизнь.

Мы видим, что проектирование является интегральным инструментом, развивающим компетентность будущего специалиста именно в сфере его профессиональной деятельности. Исходя из этого, нельзя не только уменьшать количество учебных часов на проектирование, но надо, наоборот, всячески приветствовать во всех изучаемых дисциплинах проявления проектных заданий и даже коротких творческих моментов в противовес натаскиванию и «школярству».

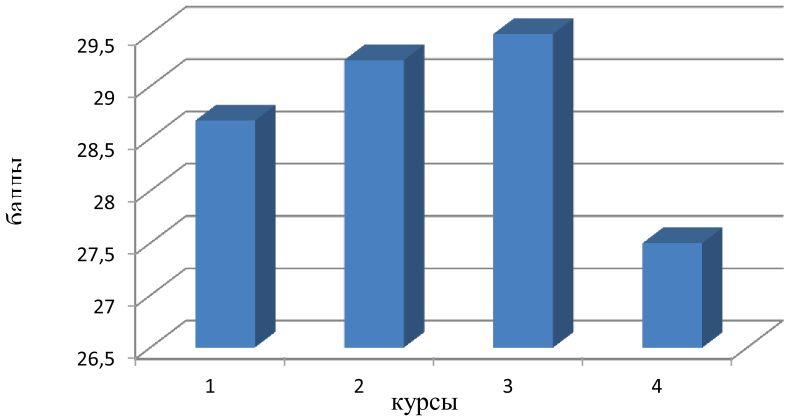


Рис. 3. Гистограммы балльной оценки уровня творческого потенциала

Результаты исследования и их обсуждение

Практическая составляющая исследования имела целью выявление творческого уровня обучающегося в балльной оценке. Анкетирование проводилось в трех группах направления 27.03.03 – Системный анализ и управление (2 курс – 28,67 балла, 3 курс – 29,25 балла, 4 курс – 29,5 балла). Роль контрольной группы выполняла группа направления 27.03.04 – Управление в технических системах, в которой объемы проектного обучения снижены на 20% (4 курс – 27,5 балла). Результаты представлены на рис. 3.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о большем творческом уровне будущих бакалавров направления 27.0303 – Системный анализ и управление, по сравнению с направлением 27.03.04 – Управление в технических системах.

Заключение

Таким образом, развитие творческого потенциала проектным методом обучения позволяет перевести обучающегося на другой уровень отношения к будущей профессиональной деятельности, умение проектировать в конечном счете составляет основу профессионализма в любой инженерной деятельности. Поэтому использование проектного метода в образовательном процессе есть надежное средство повышения качества образования и пополнения инженерного кадрового потенциала страны. Метод проектов может служить эффективной педагогической технологией подготовки специалистов. Создавая для обучающихся условия максимально близкие к профессиональной деятельности, он развивает в обучающемся желание находить проблемы, противоречия и прогрессивно менять действительность с целью их устранения. Накопленный при проектировании творческий опыт становится неотъемлемой частью компетентности выпускника, его превращения в конкурентоспособного инженера.

Список литературы

1. Антюхов А.В. Проектное обучение в высшей школе: проблемы и перспективы // Высшее образование в России. – 2010. – № 10. – С. 26–29.

2. Архангельский Г.А. Глоссарий терминов тайм-менеджмента. URL: http://improvement.ru/glossary (дата обращения: 22.04.2018).

3. Дворецкий С., Пучков Н., Муратова Е. Формирование проектной культуры // Высшее образование в России. – 2009. – № 4. – С. 238–244.

4. Хайруллина Э.Р. Развитие ключевых компетенций студентов в проектно-творческой деятельности // Педагогика. – 2007. – № 9. – С. 72–75.

5. Ахмедьянова Г.Ф Креативно-технологический образовательный маршрут развития инженерной компетентности будущего бакалавра: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург, 2015. – 22 с.

6. Полат Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 368 с.

7. Пищухин А.М. Согласованность составляющих системы и методы ее достижения // Вестник Оренбургского государственного университета. – 1999. – № 1. – С. 87–90.

8. Ахмедьянова Г.Ф. Метакомпетентностный подход к формированию траектории образовательного маршрута // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=22995 (дата обращения: 22.04.2018).

9. Каган М.С. Человеческая деятельность: (Опыт системного анализа) / М.С. Каган. – М.: Политиздат, 1974. – 328 с.

10. Ахмедьянова Г.Ф. Инженерное образование: проектирование образовательного маршрута по принципу от творчества к технологии / Г.Ф. Ахмедьянова, А.М. Пищухин // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 2. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=26253 (дата обращения: 22.04.2018).

11. Селевко Г.К. Альтернативные педагогические технологии / Г.К. Селевко. – М.: НИИ школьных технологий, 2005. – 224 с.

12. Prokofieva E.N., Olkhovaya T.A., Piralova O.F., Polyakova L.Y., Zagurskaya S.G., Osipova N.V. The technique of effective educational technologies choice in the system of higher education Man in India. – 2017. – Т. 97. № 14. – P. 185–196.

13. Ахмедьянова Г.Ф. Агент-ориентированный подход к моделированию процесса обучения / Г.Ф. Ахмедьянова, О.С. Ерошенко, А.М. Пищухин // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11–3. – С. 521–524.

14. Юревич Е.И. Основы проектирования техники: уч. пособие. – СПб., 2012. – 135 с.

УДК 378.147

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТАМИ-ФАРМАЦЕВТАМИ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ»

Брель А.К., Складановская Н.Н., Танкабекян Н.А., Кононович М.А., Жогло Е.Н.
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Волгоград, e-mail: nazeli.tankabekyan@yandex.ru

В статье представлен краткий обзор некоторых интерактивных методов обучения в процессе освоения темы «Термический анализ» в рамках дисциплины «Физико-химические основы производства лекарственного сырья». База исследования: кафедра химии Волгоградского государственного медицинского университета. В качестве интерактивного метода обучения использовался метод «интерактивная лекция», включающий в себя просмотр видеоматериала, переведенного на русский язык с последующим комментированием данного видеоролика. Анализируя теоретические представления, полученные в оригинальной форме с практическими навыками, студенты убедились, что построение фазовых диаграмм – это тонкие исследования, представляющие большую ценность. Результаты, полученные с помощью термического анализа, позволяют определить: совместимость лекарственных веществ; растворимость фармакологических материалов в растворителях; термическую стабильность; сущность химических процессов при получении лекарственных препаратов. Замечено, что в процессе проведения интерактивной лекции некоторые невнимательные студенты стали более собранными, что способствует более быстрому усвоению ими материала. Психологическое воздействие видеоролика усиливает обучающий эффект, развивает навыки и умения восприятия устной речи. В ходе педагогического эксперимента проведены анкетирование и тест-опрос. Студентами отмечены следующие ценности проведенной работы: умение адекватно воспринимать информацию и аргументированно строить устную речь. Были сделаны выводы о возможности и необходимости применения интерактивных методов на стыке различных дисциплин с отражением достижений зарубежного опыта преподавания и передачи его дистанционным способом, который является особенно актуальным для современных студентов, самостоятельно обучающихся с активным использованием интернет-ресурсов.

Ключевые слова: интерактивные методы обучения, интерактивная лекция, термический анализ лекарственных веществ

INTERACTIVE TRAINING METHODS POSSIBILITIES USED FOR STUDENTS-PHARMACISTS STUDYING THE DISCIPLINE PHYSICAL AND CHEMICAL BASES OF MEDICINAL SUBSTANCES PRODUCTION

Brel A.K., Skladanovskaya N.N., Tankabekyan N.A., Kononovich M.A., Zhoglo E.N.
Volgograd State Medical University of Ministry Public Health, Volgograd, e-mail: nazeli.tankabekyan@yandex.ru

A brief review devoted to interactive training methods studying the theme Thermal Analysis the main component of the discipline Physical and chemical bases of medicinal substances production. Research base: Chemistry Department of Volgograd State Medical University. As an interactive method was used the interactive lecture based on viewing the video material translated into Russian the following commenting the video. Analyzing the theoretical ideas obtained in the original form with practical skills, the students were convinced that the phase diagrams construction was subtle great value research. The Thermal Analysis results obtained had been allowing to determine medicinal substances compatibility, pharmacological materials solubility in different solvents, thermal stability, chemical process essence by synthesis of drugs. It was noted that during the interactive lecture inattentive students had become more assembled that contributed to absorb the material more successfully. The psychological influence of the video had increased the learning effect, developed the skills and perceptions of oral speech. Questionnaire survey and test survey were performed during the pedagogical experiment. Students pointed out the following research values were to perceive adequately the information and to build a reasoned oral speech. It was concluded that interactive training methods were successfully used at the intersection of various disciplines with reflecting the achievements of foreign studying experience and transferring it remotely that would be especially actual for students who studying individually with the help of Internet resources.

Keywords: interactive teaching methods, interactive lecturer, thermal analysis of medical substances

И.М. Сеченов сравнивал живую клетку с физико-химической лабораторией. Это сравнение справедливо и в наши дни. Авторы считают, что фармаколог и провизор обязаны обладать необходимым минимумом знаний в области органической химии и физико-химических методов анализа.

Термический анализ в фармацевтической практике применяется в рамках различных физико-химических исследований, позволяет понять сущность химических процессов, протекающих при получении лекарственных препаратов. Чистота, стабильность, полиморфизм и несовместимость – лишь некоторые области исследования.

Термический анализ проводится с помощью специальной аппаратуры, результатом такого анализа служат термические кри-

вые – термограммы, зависящие от структуры и химического состава исследуемого вещества. Посредством термического анализа обнаруживают эндо- или экзотермический характер реакции, а также температурный интервал превращения. Проводя термический анализ, измеряют и регистрируют другие характеристики исследуемого вещества в зависимости от температуры – размеры, магнитные, оптические, электрические свойства.

Умение использовать фундаментальные законы природы и естественнонаучных дисциплин является важнейшей компетенцией выпускника фармацевтического факультета для решения задач в различных отраслях химии и технической физики.

Немаловажное требование – уметь свободно и грамотно пользоваться русским и иностранными языками как средством делового и профессионального общения, владеть навыками публичной дискуссии, создавать и редактировать тексты профессионального назначения.

Цель исследования

Цель нашего исследования – повысить процент усвоения предлагаемого материала посредством изменения формы изложения материала и вовлечения студентов в образовательный процесс.

Современные тенденции в системе высшего образования обусловлены необходимостью применения интерактивного обучения не только на основе отечественного опыта, но и на достижениях зарубежных ученых, использующих современные методики обучения.

Одним из важнейших направлений в развитии образования и совершенствовании студентов в профессиональном развитии является внедрение в процесс обучения интерактивных форм занятий. Именно с внедрением таких занятий связаны основные инновации в сегодняшней системе образования [1, с. 60].

Активное обучение – это, прежде всего, новые формы, методы и средства обучения, которые побуждают студентов к активной мыслительной и практической деятельности в процессе овладения учебным материалом. Предполагается, что использование такой системы методов направлено главным образом не на изложение преподавателем готовых знаний, их запоминание и воспроизведение, а на самостоятельное овладение студентами знаниями и умениями в процессе активной мыслительной и практической деятельности [2]. Методы активного обучения, как средство развития познавательной активности студентов, можно разделить на три группы методов, наиболее интересных для использования в целях управления формированием мышления. Эти методы программированного обучения, проблемного обучения, интерактивного (коммуникативного) обучения. Интерактивные методы обучения дают двойной эффект: обучающий и воспитательный [3, с. 130].

На данный момент уже существует огромное множество интерактивных методов, которые активно применяются в процессе обучения. Это могут быть, например, такие формы, как дискуссия, деловая игра, анализ конкретных ситуаций (или кейс-метод), интерактивная лекция, тренинг. Или это могут быть различные методики: «дерево решений», «мозговой штурм». Каждая из форм имеет свои особенности, что отличает их друг от друга и определяет возможность их применения в различных учебных дисциплинах. В данной статье мы остановимся на такой форме, как интерактивная лекция.

Интерактивные методы обучения являются одним из важнейших средств совершенствования профессиональной подготовки студентов в высшем учебном заведении. Теперь преподавателю недостаточно быть компетентным, давая теоретический материал [4, с. 1], а студенту мало быть просто внимательным, ему необходимо принимать непосредственное и активное участие в процессе современного интерактивного обучения и доступного заимствования информации из иностранных источников.

Интерактивным занятием принято называть такую форму обучения, при которой образовательный процесс проходит в диалоговой форме: «все обучают каждого и каждый обучает всех». А ведь общеизвестно, что из прочитанного текста усваивается 10 % информации, из увиденного – 25 %, из дискуссии – 50 %, из практики, эксперимента – 75 %, и 99 % информации усваивается из «обучения других». При использовании интерактивных форм обучения студент становится полноправным участником процесса восприятия, его опыт служит основным способом познания. Меняется и роль преподавателя, он перестает играть главную роль и теперь лишь регулирует процесс, занимаясь его общей организацией [5, с. 241].

Целью проведения интерактивных форм занятий является:

– пробуждение у обучающихся интереса;

– способствование эффективному усвоению учебного материала;

– формирование у обучающихся профессионального мнения, жизненных навыков;

– оказание многопланового учебно-воспитательного воздействия на обучающихся;

– обращение к чувствам учащихся;

– поощрение активного участия каждого в учебном процессе;

– осуществление обратной связи – ответная реакция аудитории [6, с. 154].

Интерактивные технологии реализуют способ взаимодействия преподавателя и обучающихся в режиме диалога, ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом.

В рамках обучения дисциплине «Физико-химические основы производства лекарственных веществ» завершающая лекция на фармацевтическом факультете Волгоградского государственного медицинского университета была проведена в форме интерактивной лекции. Студент 2-го курса фармацевтического отделения подготовил доклад по теме «Термический анализ», в рамках которого осуществил перевод видеоролика по данной тематике. В начале лекции для определения компетентности аудитории и настроя на деловую дискуссию были предложены вопросы, соответствующие тематике лекции и дающие возможность полностью раскрыть тему не только по существу, но и в будущем решать вопросы прикладного характера.

Также студентам было дано задание: описать, как материал, подготовленный начинающим лектором, отвечает на поставленные вопросы. Это нацелило студентов быть не только слушателями, но и экспертами, анализировать полученную информацию и преломлять ее в свете практической значимости.

Для настроя на получаемую информацию в начале занятия была проведена беседа, в ходе которой были выявлены проблемы в данном направлении, были рассмотрены дифференциальные термические методы, дифференциальная сканирующая калориметрия и дифференциальный термический анализ, их преимущества и недостатки.

В методе ДСК измеряется теплота различных процессов: химических реакций, фазовых переходов, теплоемкость – теплота, необходимая для изменения температуры тела. ДТА основан на регистрации разности температур исследуемого вещества и инертного образца сравнения при их одновременном нагревании или охлаждении [7, с. 3].

Различия между дифференциальным термическим анализом (ДТА) и дифференциальной сканирующей калориметрией (ДСК):

1. В методе ДТА между термопарой и тиглем точечный контакт, а в ДСК термопара имеет контактную площадку, что увеличивает общую чувствительность измеряемого сигнала.

2. В ДТА образец и эталон нагреваются одним источником теплоты, а температуру изменяют введенными в них чувствительными датчиками. В ДСК имеются индивидуальные нагреватели образца и эталона, а также используемый принцип компенсации мощности.

ДТА имеет некоторые недостатки:

– точечный контакт между термопарой и тиглем;

– низкая воспроизводимость базовой линии;

– низкая точность при определении энтальпии;

– ограниченная воспроизводимость и точность калибровки энтальпии.

Преимущества ДТА заключаются в следующем:

– возможны большие массы навесок;

– легкое позиционирование образца.

ДСК характеризуется такими преимуществами, как:

– термопара имеет контактную площадку;

– высокая воспроизводимость базовой линии;

– точное определение энтальпии;

– точное определение удельной теплоемкости;

– быстрый теплообмен: малая постоянная времени прибора, малое влияние конвекции излучения;

– возможность точной калибровки (для температуры и энтальпии).

Недостатки ДСК:

– рекомендуется сравнительно малая масса образца;

– необходимо тщательное позиционирование образца и тигля;

– ограничения при очень высоких температурах.

Для закрепления полученных теоретических знаний был представлен видеоролик, темой которого было ознакомление с работой различных калориметров и проведение опыта с жидкостным. После просмотра лектор ответил на вопросы студентов, которые высказали свое мнение, как представленный материал отвечает на вопросы, поставленные в начале лекции. Наиболее активные участники дискуссии смогли расширить рамки обсуждаемого материала своими дополнениями. Самым актуальным вопросом, по мнению авторов, был вопрос, как данный метод можно использовать в синтезе и анализе ЛВ.

Видеоматериал полностью описывает конструкцию калориметрической системы для изучения скорости тепловыделения, представляет различия между использованием жидкостных и массивных, а также одинарных и двойных калориметров.

При изучении жидкостного калориметра для определения теплоты химической реакции наибольшие затруднения часто связаны с определением полноты протекания реакции

и с необходимостью учитывать несколько реакций, а не с учётом побочных процессов.

Отмечены важные факторы, влияющие на окончательный результат измерений:

– надёжная работа автоматических регуляторов температуры;

– лёгкая металлическая ширма, снабженная нагревателем, обеспечивающим равномерный теплообмен.

Выводы

Таким образом, в ходе подготовки к занятию студент работал со смежными с химией общеобразовательными и профессионально ориентированными науками, изучал терминологию иностранного языка в области химии, в данном случае английского. Что, безусловно, дает преимущество интерактивному занятию в сравнении с традиционной формой обучения и позволяет более осознано решать целевые задачи во время выполнения лабораторной работы «Построение диаграммы плавления бинарной лекарственной смеси».

Проведение фазового анализа смесей компонентов и построение диаграмм состояния соответствующих бинарных систем позволяет изучать составляющую основу мягких лекарственных форм, а также влияния добавок на интервалы температур плавления и затвердевания смесей [8, с. 119].

Эти знания помогут студентам фармацевтического факультета на более высоком уровне изучать фармацевтическую технологию, дисциплину, предусмотренную учебным планом по специальности «Фармация» и в будущем побуждать наиболее способных студентов заниматься научными исследованиями Учебно-методический материал, преподнесенный в вышеописанной форме, продемонстрировал, что термический анализ в комплексе с другими физико-химическими методами можно использовать для контроля качества продукции, полученной современными методами, применяемыми при разработке инновационных лекарственных форм. Оценку выступления студента, практиковавшегося в роли преподавателя, дали студенты и преподаватели, а анкета позволила получить наиболее точные оценочные данные.

При составлении анкеты для студентов авторы руководствовались ранее полученными данными о том, что при изменении формы проведения занятия увеличивается уровень мотивации студентов [1]. Результаты анкетирования при интерактивной лекции проанализированы в сравнении с результатами анкетирования тех же студентов при проведении традиционной лекции.

Полученные ответы были сведены в таблицу.

Оценочные данные слушателей

Фактор	Оценка	Приведенные ответы
Содержание лекции соответствует заявленной тематике	9,9	Соответствует. Частично соответствует. Не соответствует
Степень заинтересованности и включенности студентов во время занятия	9,6	Традиционная пассивная система преподавания дает ограниченный эффект. Проблема заинтересованности, т.е. мотивация, очень важна. Приложила усилия, чтобы включиться в процесс. Было очень интересно. Побольше бы таких лекций. Заинтересованность появилась не сразу
Актуальность занятия	9,8	Очень своевременно. Пояснены важные вопросы. Немного знакома с некоторыми методами, но хотелось узнать их лучше.
Необходимость использования видеоматериала в лекции	10	Это оживляло, делало предлагаемое более доступным для понимания. Очень интересно
Установление коммуникации между студентами и преподавателем	9,7	Будем брать с Вас пример. Мне мешала легкая неловкость и страх ошибиться. Удалось. Очень доброжелательные отношения
Умение излагать материал ясно, последовательно, доступно	9,8	Высокий уровень. Средний. Низкий
Помог ли Вам учебный видеоматериал в освоении материала?	9,7	Помог. Скорее нет. Затрудняюсь ответить
Отзывы по проведению лекции	10	Спасибо Вам. Спасибо. Хотелось бы более продолжительной лекции

Со стороны многих участников отмечена перцептивная готовность студента к выступлению в роли педагога – строгость, аккуратность во внешнем виде, а также умелая подача материала. И по признанию аудитории все студенты стали полноправными оппонентами лектора.

Заключение

В завершение интерактивной лекции слушателям был дан тест-контроль, основное содержание которого – «какие общекультурные и общепрофессиональные компетенции решает такая форма лекции». Сами студенты к ценностям отнесли следующие:

– адекватно воспринимать информацию;

– аргументированно строить устную речь;

– самостоятельно работать с учебной и дополнительной литературой;

– планировать цели, самостоятельно строить процесс овладения информацией;

– устанавливать речевой контакт с аудиторией.

В ходе проведения лекции удалось завладеть вниманием большинства студентов, что способствует более быстрому усвоению материала.

Психологическое воздействие видеоролика усилило обучающий эффект, что подтвердилось отзывами от студентов-слушателей.

Представляется, что наработанный опыт использования видеороликов станет основной частью ускоренной методики обучения не только в блоках технических дисциплин и иностранных языков, но и сможет с использованием систем Scopus, РИНЦ, Web of Science и других баз со временем стать одним из путей совершенствования преподавания и повышения активности студентов в самообучении в современных тенденциях дистанционного обучения и особых условиях обучения, в том числе обучении инвалидов.

Список литературы

1. Складановская Н.Н. Лекция-конференция в интерактивном обучении студентов медицинского вуза / Н.Н. Складановская, А.И. Артюхина, Н.А. Танкабекян // Наука в современном информационном обществе: материалы XI Международной научно-практической конференции (North Charleston, 13–14 марта 2017 г.). – North Charleston: CreateSpace, 2017. – С. 59–62.

2. Инновационные методы обучения студентов медицинского вуза / С.Д. Яворская [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4.; URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=24979 (дата обращения: 31.03.2018).

3. Огольцова Е.Г. Формирование активного обучения как средство развития познавательной деятельности студентов / Е.Г. Огольцова, О.М. Хмельницкая // Развитие качества высшего профессионального образования в современных условиях: материалы II региональной научно-практической интернет-конференции (г. Комсомольск-на-Амуре, 10–20 февраля 2009 г.). – Комсомольск-на-Амуре: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2009. – С. 129–133.

4. Гулакова М.В. Интерактивные методы обучения в вузе как педагогическая инновация / М.В. Гулакова, Г.И. Харченко // Концепт. – 2013. – № 11 (ноябрь). – URL: http://e-koncept.ru/2013/13219.htm. (дата обращения: 25.04.2018).

5. Применение интерактивных методов в образовательном процессе высшей школы / Е.Л. Дмитриева [и др.] // Ученые записки. – 2014. – С. 239–249. // URL: http://scientific-notes.ru/pdf/034-029.pdf (дата обращения: 31.03.2018).

6. Гущин Ю.В. Интерактивные методы обучения в высшей школе // Психологический электронный журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». – 2012. – № 2. – С. 153–156.

7. Шаталова Т.Б. Методы термического анализа: методическое пособие / Т.Б. Шаталова, О.А. Шляхтин, Е. Веряева. – М.: Московский государственный университет, 2011. – 72 с.

8. Миняева О.А., Ворожейкина А.Р., Куприянова Н.П., Яруллина Э.А., Трифонова О.В. Фазовый анализ бинарных смесей компонентов, составляющих основу мягких лекарственных форм / О.А. Миняева [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–1. – С. 119–123.

УДК 378.147.227

ДИАЛОГОВАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ «МОЗГОВАЯ АТАКА» НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ, ЛЕСНОЕ ТОВАРОВЕДЕНИЕ»

Бурмистрова О.Н., Михеевская М.А.

ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Ухта, e-mail: voronin.mary@yandex.ru

Целью исследования является изучение влияния введения новых диалоговых форм обучения на эффективность восприятия обучающимися материала дисциплины. Объектом исследования является процесс введения интерактивной формы обучения «мозговая атака» в преподавание дисциплины «Древесиноведение, лесное товароведение» для обучающихся направления бакалавриата 35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств. Предмет исследования – методологическая схема и порядок действия при выполнении конкретных заданий. В работе рассмотрено влияние данного метода на формирование универсальных компетенций. Приведенная схема внедрения апробирована в техническом вузе. Внедрение в учебный процесс такой интерактивной формы обучения, как «мозговая атака», позволяет повысить заинтересованность обучающихся в учебном процессе, более глубоко и последовательно изучить пройденный материал, проявить активность и инициативу при разработке проекта, повысить коммуникативность при работе в группе, выявить отдельным обучающимся у себя лидерские качества, научиться работать в условиях здоровой конкуренции. Применение данной методики возможно в рамках профориентационной работы с привлечением преподавателей и обучающихся среднего профессионального образования по программам подготовки специалистов среднего звена 35.02.02 Технология лесозаготовок и 35.02.03 Технология деревообработки.

Ключевые слова: «мозговая атака», проект, макет, стенд, древесиноведение, компетенция

DIALOGUE FORM OF TRAINING «BRAINSTORMING» ON THE EXAMPLE OF DISCIPLINE «WOODWORKING, FOREST TREATMENT»

Burmistrova O.N., Mikheevskaya M.A.

Ukhta State Technikal University, Ukhta, e-mail: voronin.mary@yandex.ru

The aim of the research is learning the influence of the introduction of new interactive forms of learning on the effectiveness of students' perception of the discipline material. The object of the study is the process of introducing an interactive form of training «brainstorming» in the teaching of the discipline «Wood Science, Forest Commodity Research» for students of the undergraduate direction 35.03.02 Technology of logging and woodworking industries. The subject of the study is the methodological scheme and the procedure for performing specific tasks. In this paper, the influence of this method on the formation of universal competencies is considered. The above scheme of implementation is tested in a technical college. The introduction of such an interactive form of training as a «brainstorming» in the educational process makes it possible to increase the students' interest in the educational process, to study the material that has been studied more deeply and consistently, to show activity and initiative in the development of the project, to increase communication in the work in the group, to identify the individual students quality, learn to work in a healthy competition. The application of this methodology is possible within the framework of vocational guidance work with the involvement of teachers and students of secondary vocational education through training programs for mid-level specialists. 35.02.02 Logging technology and 35.02.03 Technology of wood processing.

Keywords: brainstorming, project, mock-up, stand, wood science, competence

Высшее образование в Российской Федерации ставит перед современным выпускником ряд задач и целей, после достижения которых бакалавр, специалист или магистр обладает достаточным набором компетенций не только профессиональной сферы деятельности, а также необходимых для развития цельной личности выпускника его способностей к новаторской, научной деятельности, саморазвитию и самообразованию. Методика преподавания только в форме передачи знаний от преподавателя обучающемуся (контактная аудиторная и внеаудиторная работа) не может охватить весь спектр индивидуальных потребностей обучающегося. Самостоятельная работа обучающихся призвана дать им возможность научиться самостоятельно формулировать проблемы, анализировать возможные пути их решения, определять оптимальность полученных результатов, а также уметь доказывать их достоверность.

Профессиональная педагогическая подготовленность преподавателя (оригинальный подход к обучению, креативность, творческий образ мышления) помогают определить основные положения организации самостоятельной работы обучающихся, а также целенаправленно обозначить обучающимся основные задачи преподаваемой дисциплины в рамках отдельных компетенций учебного плана. Цель данной разработки – изучить влияние введения новых диалоговых форм обучения на эффективность

восприятия обучающимися материала дисциплины.

Учитывая потребности и возможности личности каждого отдельного обучающегося, преподаватель должен ориентироваться на разнообразные методы осваивания обучающимися знаний, осуществляющие взаимодействие между преподавателем и обучающимся, а также внутри коллектива обучающихся. Такие интерактивные диалоговые методики развивают созидательность и оригинальность мышления обучающегося путём перехода от массового к дифференцированному обучению.

Комплекс первоочередных задач высшего образования должен включать разработку теоретических подходов и научно-методическое обеспечение образовательных стандартов поколения ФГОС 3++. Данная концепция предусматривает две составляющие [1].

Первая составляющая – это показатель, определяющий ступенчатость образовательного процесса в России; преемственность всех уровней образования: начального общего, основного общего, среднего общего, среднего профессионального и высшего образования, включая бакалавриат, магистратуру, специалитет и подготовку кадров высшей квалификации.

Задачами второй составляющей являются исследование и анализ необходимости учитывать специфику рынка труда конкретного региона, а также требования работодателей. Для получения компетентностно-ориентированных образовательных результатов следует обеспечить наполнение основной образовательной программы с помощью грамотной учебно-методической составляющей процесса, а также внедрять в учебный процесс интерактивные технологии для формирования у выпускника квалифицированных, креативных и компетентных навыков, основываясь на компетенциях образовательного и профессиональных стандартов.

Непрерывное развитие компетенций и профессиональных навыков работников обеспечивается научно-техническим прогрессом, развитием технологий и производств, а также изменениями на рынке труда [2]. Статья 195.1 Трудового кодекса Российской Федерации регламентирует термины «профессиональный стандарт» и «квалификация работника». Согласно данной статье Трудового кодекса, под квалификацией работника понимается уровень знаний, умений, профессиональных навыков и опыта работы. Исходя из данной характеристики, профессиональный стандарт – это оценка квалификации работника, необходимая ему для осуществления определённого вида профессиональной деятельности [3].

Компетенции профессиональных и образовательного стандартов могут лучшим образом формироваться у обучающихся, если преподаватель применяет новые, разработанные им методики, включающие в себя интерактивные технологии. Качественное отличие диалоговых интерактивных технологий состоит в преимуществе использования в процессе обучения применения и анализа различных видов имитационных моделей, и в свою очередь образовательный процесс рассматривается как цельная действующая система, способная организовывать и управлять учебной деятельностью обучающихся [1].

По образовательным программам высшего образования образовательная деятельность может проводиться в различных формах [4]:

– в форме совместной работы обучающихся с преподавателем;

– в форме самостоятельной работы обучающихся;

– в иных формах, предусмотренных вузом.

Совместная работа преподавателя и обучающихся подразделяется на аудиторную, внеаудиторную, а также возможно проведение контактной работы в электронной информационно-образовательной среде.

При проведении преподавателем учебных занятий по дисциплинам совместной работой считаются все занятия лекционного типа, на которых преподаватель передаёт предметную информацию обучающимся устно, посредством использования презентаций, наглядных пособий и др. К контактной работе также относятся занятия семинарского типа, к которым относятся практические занятия, лабораторные работы, семинары, контактные срезы, коллоквиумы и другие аналогичные занятия. Также контактная работа включает групповые консультации и индивидуальную работу с обучающимися. При необходимости совместная работа может реализовываться в других формах, определяемых организацией высшего образования самостоятельно.

Преподаватель профессиональных дисциплин, проводя учебные занятия семинарского типа, должен так организовать учебный процесс, чтобы у обучающихся максимально развивались навыки командной работы, проявлялись лидерские качества, формировались межличностные коммуникации, способность к принятию грамотных решений. Владея различными методиками (тренинги, ролевые игры, интерактивные лекции, исследование и оценка

имитационных моделей, проектирование, курсы, составленные на основе научных исследований), преподаватель достаточно легко может заинтересовать обучающихся, тем самым формируя у них номинальный объём профессиональных качеств, учитывая потребности региональных работодателей [4].

Широкое использование в учебном процессе, особенно в форме контактной аудиторной работы, разнообразных методов проведения занятий (круглые столы, мастер-классы, компьютерные симуляции, обучающие деловые и ролевые игры, разбор конкретных ситуаций, тренинги, проведение студенческих конференций) в сочетании с внеаудиторной работой, например реализацией социальных проектов, проведение экскурсий, посещение выставок, способствует формированию и развитию следующих компетенций обучающихся, установленных программой бакалавриата по направлению подготовки 35.03.02 [5]:

– универсальная компетенция УК-2 (способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений);

– универсальная компетенция УК-3 (способность осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде);

– ряд профессиональных компетенций в области решения задач профессиональной деятельности научно-исследовательского и организационно-управленческого типов.

Предлагаемая методика введения интерактивных форм обучения в учебный процесс на примере преподавания дисциплины «Древесиноведение, лесное товароведение» основана на методе мозгового штурма.

Метод мозгового штурма (мозговая атака, мозговой штурм, англ. *brainstorming*) – действенный метод решения задачи на основе побуждения творческой активности, при котором участникам дискуссии предлагается высказывать как можно большее количество вариаций решения, в том числе самых иллюзорных. Далее из общего числа предложенных замыслов и идей отбирают наиболее выигрышные, которые могут быть применены на практике [6].

Грамотно организованная мозговая атака включает три обязательных этапа. Этапы отличаются правилами проведения, а также их организацией:

1. Постановка задачи. Предварительный этап. В начале этого этапа задача должна быть чётко сформулирована. Происходит отбор участников мозговой атаки, определение направляющего звена и распределение остальных функций участников. Следует выбрать метод проведения мозговой атаки и чётко сформулировать её задачи.

2. Формирование и созидание идей. Этот этап считается определяющим, от него во многом зависит успех всей мозговой атаки. В рамках данного этапа происходит накопление у обучающихся навыков в рамках формирования универсальных компетенций УК-2 и УК-3.

3. Систематизация, отбор и оценивание идей. Данный этап позволяет определить наиболее значимые предложения и увидеть окончательные результаты мозговой атаки. На данном этапе, в отличие от предыдущего, происходит полный анализ и оценивание полученных результатов, с использованием различных методов и критериев. Успешность данного этапа всецело обусловлена тем, насколько «равнозначно» обучающиеся понимают изначально поставленные условия выбора, анализа и оценивания идей.

Успех мозговой атаки во многом зависит от академической внутренней атмосферы и активности дискуссии, поэтому роль направляющего («ведущего») в мозговой атаке очень важна. Он может «обойти острые углы», вывести из сложной ситуации и направить процесс обсуждения в правильное русло. Роль «ведущего» в данной диалоговой форме обучения отводится преподавателю.

Методика состоит в следующем:

1. Учебный план предполагает изучение дисциплины «Древесиноведение, лесное товароведение» обучающимися направления 35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств в течение четвёртого семестра (6 зачётных единиц, лекции, лабораторные работы, практические занятия, экзамен, контрольная работа).

2. На практических занятиях (при расчасовке 2/1/1 предполагается проведение 10-ти занятий) предлагается введение новой интерактивной формы обучения.

3. Группа ТЛП (ориентировочно 20 человек) разбивается преподавателем на 4 рабочих группы по 5 человек в каждой.

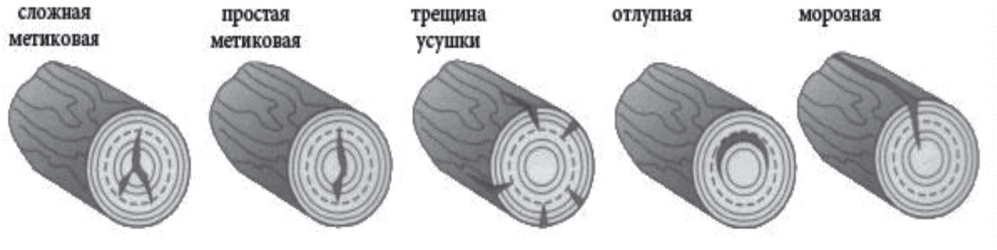
4. Обучающиеся разрабатывают рабочие варианты – макеты стендов по следующим группам пороков древесины, представленным в таблице.

5. На каждом занятии одна из групп представляет свой макет стенда в форме презентации Microsoft Power Point, аргументируя размещение тех или иных элементов на стенде.

6. После представления каждого из проектов происходит активное его обсуждение. Обучающиеся и преподаватель задают вопросы, корректируют узкие места проектов.

Трещины – это продольные разрывы древесины, которые образуются под действием внутренних напряжений, достигающих предела прочности древесины на растяжение поперёк волокон

Метиковые трещины	Морозные трещины	Отлупные трещины
внутренние радиальные трещины в стволах деревьев. Встречаются они у всех пород, особенно часто у сосны, лиственницы, бука преимущественно в перестойных древостоях	наружные продольные разрывы древесины стволов растущих деревьев лиственных пород; распространяются вглубь ствола по радиальным направлениям, образуются при резком снижении	отслоения (по годичному слою) древесины внутри ядра или спелой древесины стволов растущих деревьев; встречаются у всех пород; в круглых лесоматериалах на торцах в виде дугообразных (не заполненных смолой) или кольцевых трещин



Примерный рабочий вариант макета стенда по теме: «Пороки древесины – трещины»

Распределение тем дисциплины по рабочим группам

I группа	Пороки древесины – сучки
II группа	Пороки древесины – трещины
III группа	Пороки древесины – пороки формы ствола
IV группа	Пороки древесины – грибные поражения
V группа	Пороки древесины – химические окраски

7. На последующих занятиях семестра рабочие группы представляют окончательные варианты макетов стендов, исправленные с учетом всех замечаний и предложений преподавателя и одногруппников.

8. Путём открытого голосования распределяются места, лучший проект стенда реализовывается, вывешивается в аудитории для практических занятий и служит готовым наглядным пособием для обучающихся младших курсов направления бакалавриата 35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств при прохождении ими специальных дисциплин учебного плана: технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств (1 семестр), физика древесины (2 семестр), инфраструктура лесопромышленного производства (3 семестр).

9. На следующий год новый курс продолжает реализацию проектов путем разработки авторских макетов стендов. Темы, реализованные ранее, заменяются другими.

Следует учитывать, что все макеты стендов выполняются обучающимися самостоятельно. Помощь преподавателя заключается в минимальной технической или информационной поддержке. Материалы для исполнения стендов выбираются из имеющихся на кафедре либо приобретаются на внебюджетные средства университета.

Основные требования, предъявляемые к макетам проектов, разрабатываемых обучающимися:

– лёгкость, простота, читабельность и доступность изложения материала;

– максимальная информативность;

– мобильность;

– простота и доступность практического исполнения.

На рисунке представлен примерный рабочий вариант макета стенда по теме: «Пороки древесины – трещины».

Внедрение в учебный процесс такой интерактивной формы обучения, как мозговая атака, позволяет:

– повысить заинтересованность обучающихся в учебном процессе;

– более глубоко и последовательно изучить пройденный материал;

– проявить активность и инициативу при разработке проекта;

– повысить коммуникативность при работе в группе;

– выявить отдельным обучающимся у себя лидерские качества;

– научиться работать в условиях здоровой конкуренции.

Данная разработка может применяться на протяжении четырёх лет. Далее предполагается изменить дисциплину, по которой разрабатываются стенды.

В рамках профориентационной работы возможно привлечение преподавателей и обучающихся среднего профессионального образования (далее СПО) по программам подготовки специалистов среднего звена 35.02.02 Технология лесозаготовок и 35.02.03 Технология деревообработки. Ступень среднего профессионального образования присутствует в структуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет» и реализуется в Индустриальном институте (СПО).

В учебном плане обучающихся СПО также присутствуют дисциплины «Древесиноведение» и «Лесное товароведение». Процесс внедрения данной интерактивной формы обучения – «мозговой атаки» будет способствовать укреплению связей между различными уровнями образования. От СПО могут быть представлены один или несколько рабочих вариантов макетов стендов.

Список литературы

1. Пугачёва Н.Б. Приоритетные задачи высшего профессионального образования в современной теории и практике / Н.Б. Пугачёва // Социосфера. – 2011. – № 1. – С. 42–46.

2. Митрофанова В.В. Профессиональные стандарты в вопросах и ответах // Секретарь-референт: электронный журнал. – 2015. – № 4 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.profiz.ru/sr/4_2015/profstandarti/ htm (дата обращения: 28.03.2018).

3. Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 30 декабря 2001 г., № 197-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2002. – п. 3 (ч. 3). – Ст. 195.1.

4. Приказ Минобрнауки России «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» [Электронный ресурс]: от 05.04.2017 № 301 (Зарегистрировано в Минюсте России 14.07.2017 № 47415) // КонсультантПлюс онлайн – Некоммерческие интернет-версии системы КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_220229/ htm (дата обращения: 10.04.2018).

5. Приказ Минобрнауки России «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» [Электронный ресурс]: от 26 июля 2017 г. № 698 (Зарегистрировано в Минюсте России 15.08.2017 № 47787) // КонсультантПлюс онлайн – Некоммерческие интернет-версии системы КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_222943/ htm (дата обращения: 10.04.2018).

6. Шарипов Ф.В. Педагогика и психология высшей школы: учеб. пособие / Ф.В. Шарипов. – М.: Логос, 2012. – 448 с.

УДК 378.14

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ И ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА»

Галактионов О.Н., Кузнецов А.В., Васильев А.С., Лукашевич В.М., Суханов Ю.В.
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ), Петрозаводск, e-mail: kuzalex@psu.karelia.ru

В настоящее время выпускники инженерных специальностей не в полной мере ориентируются в своих возможностях и не обладают навыками для реализации самостоятельных проектов в лесном комплексе. Поиск решения этой проблемы осложняется рядом нерешенных задач в сфере высшего образования, связанных с образовательной средой вуза, проблемами мотивации и целеполагания студента, а также подготовки специалиста в условиях высокой формализации учебного процесса. Проблема должна решаться на уровне высшего образования, в том числе путем модернизации существующих образовательных программ, с учетом современных требований и условий. В работе описана структура практикоориентированной основной образовательной программы «Государственное управление лесами и технологии лесного комплекса» по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (квалификация (степень) бакалавра). Программа обеспечивает подготовку выпускника с уровнем освоения компетенций, позволяющим эффективно адаптироваться к производственному процессу лесного комплекса и актуализировать его профессиональный потенциал на различных типах предприятия всех форм собственности на основе разработки гибкой учебной программы, построенной с учетом требований стандартов и работодателей. Подготовка студента по разрабатываемой Программе предполагает формирование теоретической базы и умений ее применять в ходе практических работ по будущей специальности. В целом Программа обучения построена на основе комплекса дисциплин, соединяющих фундаментальные знания о функционировании лесопромышленного комплекса с опытом реализации практических задач, что обеспечивает многосторонний и комплексный характер программы обучения, а также единство учебного, практического и исследовательского процессов. Указанный подход позволяет выработать у студента навыки анализа производственных процессов, с учетом реального опыта, с использованием современной методологии с сочетанием в учебном процессе теоретических и прикладных аспектов.

Ключевые слова: бакалавр, практикоориентированность, основная образовательная программа, модернизация, инженерные специальности, лесозаготовки, деревообработка

MODERNIZATION OF THE PRINCIPAL EDUCATIONAL PROGRAM «STATE FOREST MANAGEMENT AND FOREST COMPLEX TECHNOLOGIES»

Galaktionov O.N., Kuznetsov A.V., Vasilev A.S., Lukashevich V.M., Sukhanov Yu.V.
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Petrozavodsk State University» (PetrSU), Petrozavodsk, e-mail: kuzalex@psu.karelia.ru

Graduates of engineering degree programs do not fully realize their opportunities and do not possess the necessary skills to implement their individual projects in forest complex. There are several unsolved tasks in the sphere of higher education that complicate the search of the solution to this problem. Among these tasks are the ones connected with learning environment of a higher educational institution, problems with student's motivation and goal-setting, as well as training of a specialist in the conditions of strong formalization of educational process. Higher Educational Institutions should solve this problem by modernization of the functioning educational programs, taking into account modern requirements and conditions. The paper describes the structure of the practice-oriented Principal educational program «State forest management and forest complex technologies» for a degree program 35.03.02 «Technology of forest harvesting and wood processing industries» (bachelor degree). The program provides training of a graduate with the level of competence that allows him to adapt to the forest complex industrial process. This level of education also enables a graduate to fulfill his professional potential at different types of enterprises of all forms of ownership. Training of a student according to the developed Program includes forming a theoretical base and skills of its application during practical works connected with the future profession. In general, the Educational Program is based on a complex of disciplines, combining fundamental knowledge of forest industry complex functioning with the experience of realization of practical tasks. This combination provides multi-sided and complex character of the educational program as well as unity of educational, practical and research process. The mentioned approach allows a student to form the skills of analyzing the industrial processes with account to real experience, using modern methodology and a combination of theoretical and applicable aspects in the educational process.

Keywords: bachelor, practice-oriented education, principal educational program, modernization, engineering degree programs, forest harvesting, wood processing

Лесопромышленный комплекс Карелии в настоящее время находится в стагнации. Расчетная лесосека осваивается на 50–60 %, что сказывается на количестве требуемых на предприятиях лесного комплекса специалистов, кроме того, внедрение автоматизированной и высокопроизводительной техники привело к сокращению персонала. Однако широкое использование аутсорсинга привело к формированию широкой сферы смежных услуг и возникновению массы узкоспециализированных предприятий: ле-

созаготовительных, лесной сертификации, лесопосадок, подготовки лесных участков под лесопосадки, приемки и освидетельствования древесины, лесопиления и деревообработки, сервиса и технического обслуживания техники, биоэнергетики, лесного экспорта, отвода и приемки лесосек.

В этих условиях выпускники инженерных специальностей не в полной мере ориентируются в своих возможностях и не обладают практическими навыками для реализации самостоятельных проектов в лесном комплексе.

Проблемы в сфере высшего образования для некоторых технических направлений можно условно разделить на три группы:

1) проблемы образовательной среды вуза;

2) проблемы мотивации и целеполагания студента;

3) проблемы подготовки специалиста в условиях крайней формализации учебного процесса.

Все это послужило причиной модернизации существующих основных образовательных программ (ООП). Мотив для разработки предлагаемой ООП «Государственное управление лесами и технологии лесного комплекса» – рост требований к уровню развития выпускника высшего учебного заведения, его готовность использовать социальные и профессиональные умения для самореализации в выбранной сфере, умение адаптироваться к профессиональной деятельности в меняющихся условиях, а также к проявлению собственных стремлений в достижении профессиональных и жизненных целей. Это накладывает отпечаток на содержание образования и структуру системы его получения. Кроме вышесказанного, при подготовке специалистов необходимо учитывать параметры проекта «Стратегии развития лесного комплекса РФ на период до 2030 года» [1], нацеленного, в том числе на развитие кадрового, технологического и научного потенциала. Соблюдение этих условий делает крайне сложной задачу формирования учебной программы для подготовки квалифицированного специалиста, владеющего навыками, характерными как для рабочих специальностей, так и для технологического руководителя на предприятии.

Цель исследования

Целью работы являлась разработка гибкой ООП, учитывающей требования образовательных стандартов и работодателей. Профиль Программы, ее содержание обеспечивает подготовку выпускника с уровнем освоения компетенций, позволяющим эффективно адаптироваться к производственному процессу лесного комплекса и реализовывать свой профессиональный потенциал как на различных типах предприятий лесного комплекса всех форм собственности, так и на смежных производствах.

Материалы и методы исследования

Разработанная ООП бакалавриата «Государственное управление лесами и технологии лесного комплекса» (Программа) является основной образовательной программой, реализуемой в соответствии с пакетом документов (приложение к приказу № 594 (2014), приказ № 1367 (2013), приказ № 86 (2016), приложение к приказу № 1383 (2015), приказ № 1050н (2015), приказ № 1048н (2015), федеральный закон № 273-ФЗ (2012)) и Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) [2], нормативный срок освоения – 4 года при очной форме обучения, трудоемкостью 240 зачетных единиц (кредитов). Программа носит практико-ориентированный характер. В связи с тем, что в настоящее время действует ФГОС ВО 5.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств от 2015 г., при формировании концепции и Программы учитывались и положения действующего образовательного стандарта.

Программа составлена таким образом, что предусматривает получение ее выпускниками весомых практических знаний [3], подкрепленных высоким уровнем теоретической подготовки [4–6]. Однако необходимо иметь в виду, что в полной мере полезный эффект сочетания теоретических и практических знаний будет достигнут, когда основные потребители Программы будут информированы о ценности приобретенных практических компетенций [7–9]. Внедрение новой практико-ориентированной Программы предусматривает и изменение требований к профессорско-преподавательскому составу, которые позволят повысить качество обучения студентов за счет: своевременного и периодического повышения теоретической и методической подготовки преподавателей не только в одной узкой области знаний, но и в смежных областях знаний; получение преподавателями опыта реальной производственной деятельности путем периодической стажировки на действующих предприятиях; обмена опытом преподавания учащимся различного профиля обучения и уровня подготовки. Реализация практикоориентированной Программы предусматривает наличие тесных контактов с предприятиями лесного комплекса; присутствие в структуре университета инновационных центров и предприятий; взаимодействие как с отечественными, так и зарубежными вузами-партнерами. Необходимо повысить привлекательность лесной отрасли, мотивацию студентов к обучению [10, 11] и к дальнейшему трудоустройству по профилю специальности, привлекать отраслевых специалистов к ведению теоретических и практических занятий, обмениваться опытом преподавания с передовыми практико-ориентированными вузами и техникумами. Важнейшим элементом высокого качества образования является учет требований заинтересованных сторон: государства, общества, работодателей и студентов.

Разработка ООП начата с построения портрета выпускника – комплексного качественного описания профессиональных и личностных характеристик вы-

пускника программы бакалавриата, как будущего компетентного, успешного и востребованного специалиста лесной отрасли. Для учебного заведения портрет выпускника – это идеальное представление результата прохождения студентом программы бакалавриата, позволяющее уточнять и совершенствовать стратегию развития учебного заведения, повышать качество профессионального образования и добиваться соответствия программы обучения современным требованиям лесной отрасли. С точки зрения работодателя портрет выпускника позволяет более полно оценить готовность соискателя работать в определенной сфере, позволяет сформировать список требований к соискателю на определенную должность, позволяет спланировать процессы дообучения молодого специалиста на рабочем месте или запланировать прохождение дополнительных курсов. Кроме того, наличие портрета выпускника позволяет работодателю более полно оценить соответствие выпускников необходимым ему требованиям, что подталкивает работодателя к более плотному сотрудничеству с учебным заведением и вовлечению работодателя в учебную деятельность посредством, например, предоставления площадки для проведения производственных практик, участия специалистов предприятия в семинарах и мастер-классах.

Абитуриенту портрет выпускника позволяет оценить соответствие программы обучения его личным целям, мотивам и ожиданиям.

Студент является основным потребителем образовательной услуги, и портрет выпускника позволяет студенту, в ходе освоения образовательной программы, оценивать и контролировать качество формирования у себя общих и профессиональных компетенций, позволяющих в будущем стать успешным специалистом в выбранной области профессиональной деятельности и конкурентоспособным на рынке труда.

Для того, чтобы выпускник отвечал требованиям современного рынка труда, ему недостаточно разрозненных знаний, умений и практических навыков. На первый план выходят требования владения комплексом личных возможностей выпускника, т.е. компетенциями. Утилитарное понимание компетенций специалиста подразумевает способность успешно осуществлять трудовую деятельность с заданным функционалом. С точки зрения работодателя понятия компетенции и компетентность наиболее полно характеризуют профессиональные возможности соискателя и его способности применять знания и умения, полученные в ходе обучения, на рабочем месте.

Таким образом, выпускник должен быть специалистом, который обладает множеством знаний, умений и навыков, необходимых для решения разнообразных производственных задач и важных для его дальнейшей профессиональной деятельности и карьерного роста, отличающимся живым мышлением, инициативностью, предприимчивостью, способностью к самообразованию и саморазвитию, а также умением работать в команде и руководить трудовыми коллективами, осваивать новую технику и технологии, выдвигать новые идеи и реализовывать их на практике.

Подготовка студента по разрабатываемой ООП предполагает формирование теоретической базы и приобретение практических навыков работы по будущей специальности. При этом реализуются, в зависимости от потребностей рынка и запросов конкретных работодателей: сочетание процесса теоретического обучения и прохождения практик, для формирования общего представления студента о профессиональной среде, требованиях реального производства, особенностях профессий и сферы деятельности; что позволит реализовать компетенции и личные качества выпускника, которые обеспечат эффективное выполнение функциональных обязанностей.

Если первый подход традиционен и отработан в различных модификациях при подготовке кадров для лесного комплекса, то основным элементом второго является набор практического опыта деятельности, и формирования заданных учебной программой компетенций.

При реализации практико-ориентированного подхода образовательный процесс направляется на формирование личности студента, с учетом его собственных сил и способностей. Особенность практико-ориентированного обучения в вузе состоит в необходимости сформировать фундаментальную научную базу знаний у студентов в процессе решения практических задач промышленности.

Практико-ориентированное обучение построено на основе формирования комплексных проектов полного жизненного цикла – изготовление объекта проектирования, с вовлечением инновационных центров, малых предприятий ПетрГУ и образовательных подразделений, для выполнения проектов и их оценки.

Для усиления практических навыков выпускников по представлению своих работ и навыков командной работы разработана тематика курсовых проектов, предусматривающая реализацию полученного решения на базе изучения технологий лесосечных работ и деревообработки [12, 13].

В качестве базовых сетевых партнеров рассмотрены образовательные организации, проводящие подготовку выпускников для аналогичных сфер деятельности.

Структура учебного плана в целом традиционна, в нее включены практико-ориентированные компоненты, на третьем-четвертом курсе обучения выделены учебные модули программ, согласованных в рамках межвузовского сетевого взаимодействия.

В предложенной модели обучения используются следующие методологические подходы:

- сочетание изучения теоретических проблем и освоение практики базовых областей лесопромышленного комплекса в базовых курсах;
- включение курсов по выбору, ориентированных на изучение практических аспектов производства;
- включение в программы дисциплин форм контроля знаний, предполагающих формирование таких важных в практической деятельности навыков, как анализ процессов и выработка решения, формирование мнения и представление его аудитории и т.д.;
- изучение зарубежного опыта производственной и технологической деятельности, позволяющей увеличить широту теоретических знаний выпускников и имеющего практическую применимость.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработанная ООП позволяет сформировать глубокое знание теоретических основ функционирования предприятий лесопромышленного комплекса с одновременным формированием прикладных технологических и управленческих навыков,

что позволит выпускникам бакалавриата эффективно выполнять практическую работу в частных и государственных компаниях, научно-исследовательских и образовательных учреждениях, в государственных и местных органах управления, международных организациях, в некоммерческих организациях. Преимущество программы состоит в сочетании учебного процесса, базирующегося на фундаментальных знаниях и прикладных аспектах их применения, что способствует формированию квалифицированного технолога лесного комплекса.

Структура разрабатываемой программы бакалавриата сформирована с использованием следующих дидактических подходов:

– формирование мировоззрения, общей и профессиональной культуры современного технолога лесопромышленного производства в цикле теоретических дисциплин;

– углубленное осмысление теоретических проблем лесного комплекса в специальных базовых курсах;

– создание альтернативности подготовки выпускника при формировании индивидуальной программы подготовки бакалавра путем включения дисциплин по выбору в рамках специального компонента учебного плана программы бакалавриата. Комплекс курсов по выбору создает условия для целенаправленной подготовки бакалавра к будущей деятельности;

– различные формы проектно-технологической работы (подготовка курсовой работы, научно-исследовательская практика, подготовка квалификационной работы) позволяют выработать навыки использования методологии научного познания применительно к практике лесопромышленного комплекса.

Заключение

В целом программа обучения построена на основе комплекса дисциплин, соединяющих фундаментальные знания о функционировании лесопромышленного комплекса с опытом реализации практических задач [14]. Такое объединение обеспечивает многосторонний характер программы обучения и подготовки бакалавров, а также единство учебного, практического и исследовательского процессов. Она включает комплексный подход к общетеоретическим исследованиям технологий лесного комплекса, что предполагает определение взаимосвязей и взаимозависимостей технологических процессов с экономическими, экологическими и другими аспектами работы производственных систем и общества. Указанный подход позволяет выработать у студента навыки анализа производственных процессов с учетом реального опыта с использованием современной методологии. Таким образом, основное преимущество предлагаемой модели программы обучения состоит в эффективном сочетании в учебном процессе теоретических и прикладных аспектов.

Список литературы

1. Проект. (2017) Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года // Официальный сайт Министерства промышленности и торговли РФ. Режим доступа: http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!proekt_strategiya_razvitiya_lesnogo_kompleksa_rossiyskoy_federacii_do_2030_goda (дата обращения: 15.02.2018).

2. Приложение к приказу № 698. (2017) Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» // Официальный сайт Министерства образования и науки Российской Федерации. Режим доступа: https://минобрнауки.рф/документы/10836/файл/9688/Приказ № 698 от 26.07.2017.pdf (дата обращения: 15.02.2018).

3. Васильева В.Д., Петрунева Р.М. Проектная подготовка будущих инженеров в новых условиях двухуровневого образования // Известия ВолгГТУ. – 2012. – № 11. – С. 95–99.

4. Дворецкий С.И., Муратова Е.И. Формирование готовности студентов инженерных специальностей к инновационно-проектной деятельности в процессе курсового и дипломного проектирования // Вестник ТГТУ. – 2003. – № 4. – С. 725–740.

5. Дворецкий С.И., Пучков Н.П., Муратова Е.И., Таров В.П. Подготовка к проектной деятельности как средство обеспечения профессиональной компетентности выпускника технического вуза // Вестник ТГТУ. – 2002. – № 2. – С. 351–365.

6. Дворецкий С., Пучков Н., Муратова Е. Формирование проектной культуры // Высшее образование в России. – 2003. – № 4. – С. 15–22.

7. Байденко В. Компетенции в профессиональном образовании (к освоению компетентностного подхода) // Высшее образование в России. – 2004. – № 11. – С. 3–13.

8. Окунева В.С. Деятельность как средство измерения сформированности компетентности командной работы студентов в процессе профессионального обучения // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 4. – С. 283–286.

9. Рябикин С.А. Формирование научно-исследовательской компетенции как условие внедрения наукоемких и инновационных технологий // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – № 4–5. – С. 1460–1467.

10. Копша О.Ю. Проектирование процесса формирования и оценки профессиональных компетенций у бакалавров автоматизации технологических процессов и производств // Вектор науки ТГУ. – 2013. – № 2 (24). – С. 410–415.

11. Минаев Д.В. Развитие профессиональных интересов студентов в педагогической модели инженерной деятельности // Экономика образования. – 2011. – № 3. – С. 213–216.

12. Улитина Т.И. Педагогическое управление научно-исследовательской деятельностью технических вузов // Вестник ЧГПУ. – 2013. – № 3. – С. 182–190.

13. Фролова И.И., Ахметзянова Г.Н., Валеева Н.Ш. Модель инженера-менеджера для наукоёмкого производства // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 20. – С. 366–369.

14. Шегельман И.Р. Васильев А.С., Щукин П.О. О влиянии интеграции университета, промышленного предприятия и инжиниринговой компании на повышение уровня образовательной деятельности // Образовательная среда сегодня: стратегии развития. – 2015. – № 1 (2). – С. 263–264.

УДК 37.02

СУЩНОСТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЖЭТНИЧЕСКОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ

[1]Жукова О.В., [1,2]Киргуева Ф.Х.

[1]ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова», Владикавказ, e-mail: nosu@nosu.ru;
[2]ГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный педагогический институт», Владикавказ, e-mail: sogpi@mail.ru

В статье рассматривается сущность понятий «толерантность», «межэтническая толерантность». В основе понятия «толерантность» издавна была терпимость, высказанная впервые Аристотелем. Долгое время идея терпимости распространялась в основном на лояльное отношение к инаковерующим. С развитием в обществе культуры терпимость интерпретируется как проявление симпатии, умеренности, равновесия и др. В условиях современной социальной, экономической и политической нестабильности проблема толерантности приобретает особую актуальность. В настоящее время в процессе взаимодействия и взаимовлияния народов особую актуальность приобрела межэтническая толерантность. Понятие «межэтническая толерантность» рассматривается через разные подходы: индивидуально-личностный (нравственная позиция и психологическая готовность личности к взаимодействию с людьми иной национальности), аксиологический (другой человек, другой этнос выступают как ценность, как данность), социокультурный (гибкость; эмпатийность; отсутствие категоричности в суждениях), этнопсихологический (этническая идентичность – составная часть социальной идентичности личности). Воспитание межэтнической толерантности – это педагогический процесс, основными задачами которого являются: актуализация значимости воспитания межэтнической толерантности, создание среды влияния на ее воспитание, организация воспитательного процесса с учетом индивидуальных и возрастных особенностей воспитуемых.

Ключевые слова: толерантность, межэтническая толерантность, терпимость, функции толерантности

ESSENTIAL CHARACTERISTIC OF INTER-ETHNIC TOLERANCE

[1]Zhukova O.V., [2]Kirgueva F.Kh.

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «North-Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov», Vladikavkaz, e-mail: nosu@nosu.ru;
[2]State Budgetary Educational Institution of Higher Education «North-Ossetian State Pedagogical Institute», Vladikavkaz, e-mail: sogpi@mail.ru

The article deals with the essence of the concepts «tolerance», «interethnic tolerance». At the heart of the concept «tolerance» has long been understood the tolerance, first expressed by Aristotle. For a long time, the idea of tolerance extended mainly to a loyal attitude towards foreigners. With the development of culture in society tolerance is interpreted as a manifestation of sympathy, moderation, balance, etc. In the conditions of modern social, economic and political instability the problem of tolerance acquires a special urgency. At present, interethnic tolerance has acquired particular relevance in the process of interaction and mutual influence of peoples. The concept of «interethnic tolerance» is examined through different approaches: individual-personal (moral position and psychological readiness of an individual to interact with people of a different nationality), an axiological (another person, another ethnos act as a value, as a givenness), sociocultural (flexibility, empathy, lack of categoricity in judgments), ethnopsychological (ethnic identity is an integral part of a person's social identity). Education of interethnic tolerance is a pedagogical process, the main tasks of which are: actualization of the importance of interethnic tolerance education, creation of an environment of influence on its upbringing, organization of the educational process, taking into account the individual features and age characteristics of the educated person.

Keywords: tolerance, interethnic tolerance, liberality, tolerance functions

Исследование межэтнических и межкультурных взаимодействий в последнее время стало одним из важных научных направлений. Однако системное педагогическое знание по проблемам межэтнической толерантности на сегодняшний день представлено недостаточно. Налицо противоречие между педагогической необходимостью целенаправленной, системной, последовательной совместной деятельности школы и национально-культурных объединений большого города по усилению и развертыванию процесса воспитания межэтнической толерантности подростков и недостаточной разработанностью научно обоснованных ориентиров и средств оптимизации этого процесса. Необходимостью разрешения данного противоречия вызван выбор объекта исследования: процесс воспитания межэтнической толерантности учащихся подростков в условиях большого города.

Одним из методов исследования был выбран анализ проблемы толерантности и межэтнической толерантности в философской, социологической, психологической и педагогической литературе с использованием принципа межнаучного синтеза.

Обращение к проблеме толерантности показывает, что исследователи оперируют двумя терминами – «терпимость» и «толе-

рантность» (от лат. tolerantia – терпение). Исторически первым появился термин «терпимость».

В словарной трактовке терпимость означает свойство, умение терпимо относиться к чему-нибудь, терпеть что-нибудь [1].

Идея терпимого отношения к окружающим впервые была высказана Аристотелем. В сочинении «Никомахова этика» [2, с. 294] он описал особый душевный склад человека, позволяющий «…одинаково вести себя с незнакомыми и знакомыми, близкими и посторонними…»

На протяжении длительного исторического периода времени идея терпимости распространялась в основном на лояльное отношение к инаковерующим [3].

Появление новых идей о толерантности связано с развитием в обществе культуры, религиозного и философского плюрализма. В этой связи возник достаточно обширный круг толкований, которые выражают разные виды отношений в контексте терпимости: проявление симпатии (А. Смит), эффективный самоконтроль (Л.К. Вовенарг), стремление к умеренности (Ф.В. Вейс), сочувствие (Гуссерль, А. Шопенгауэр), общий человеческий долг (И. Кант), общественный инстинкт (Ч. Дарвин), общее равновесие (Г. Спенсер), внутренний регулятор отношения к другому человеку (Ж.-П. Сартр), рефлексия чужого опыта (В. Франкл), сосуществование различных языковых форм (Л. Витгенштейн) и др. [4–6].

В современных условиях социальной, экономической и политической нестабильности проблема толерантности приобрела особую актуальность.

Обращение к значению термина «толерантность» в разных культурах показывает, что он представлен следующими трактовками: наличие способности и готовности без протестов воспринимать индивида либо вещи (англ. яз.); уважительное отношение к свободе других, к их образу мышления, поведению, религиозным и политическим воззрениям» (франц. яз.); дозволять, допускать, проявлять великодушное отношение к другим (китайск. яз.); способность к терпению, благосклонности, состраданию, снисходительности, мягкости, снисхождению, прощению (арабск. яз.).

В словаре иностранных слов [7] понятие «толерантность» трактуется как способность к терпимости, терпению, устойчивости, выносливости, снисходительности к чему-нибудь, способность переносить отрицательное воздействие.

Приведенная трактовка свидетельствует о том, что в данном источнике понятия «толерантность» и «терпимость» отождествляются.

Одно из определений термина «толерантность» приводит Оксфордский словарь [8]: Принятие без протестов либо вмешательств индивида, либо вещи.

В русском языке слово «толерантность» получило широкое распространение сравнительно недавно, хотя в энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона (изд. 1901 г.) содержалась трактовка термина «толерантность» как терпимое отношение к другого рода религиозным воззрениям.

В общеизвестных словарных источниках [9] термин «толерантность» отсутствует, но разъясняется суть слова «терпимость» как свойство или качество, способность что- или кого-либо терпеть; отношение к кому- или чему-нибудь.

Словарь по этике [10] не содержит трактовки термина «толерантность», но в нем приводится определение терпимости: «Терпимость – моральное качество, характеризующее отношение к интересам, убеждениям, верованиям, привычкам и поведению других людей…»

Изучение научной литературы показывает, что понятие «толерантность» в ней трактуется по-разному.

Говоря словами А.Г. Асмолова [11], суть толерантности – терпимость ко всему «иному».

Так, в отечественной социологии основное внимание уделяется роли и месту толерантности в общественной жизни (Г.А. Бакиева, Р.Р. Валитова, Б.С. Гершунский, Д.В. Зиновьев, В.М. Золотухин, О.Н. Исакова, Е.В. Клименко, В.А. Лекторский, А.А. Леонтьев, В.М. Соколов и др.). В этом контексте толерантность рассматривается как одна из форм межчеловеческих отношений, как структурообразующий компонент в организации общества вообще. По словам Е.В. Клименко [12], толерантность выступает реально действующей силой в развитии общества. В других источниках по социологии толерантность трактуется как качественная характеристика людей, их агломераций и групп. При этом толерантности свойственна *установка* на позитивное восприятие «другого», готовность не только к пониманию, но и по возможности к принятию ценностей, интересов, верований, убеждений, культуры, традиций других людей.

В философском смысле толерантность – это мировоззренческая жизненная позиция, которая вырабатывается в качестве результата морального, духовного опыта человека.

В работах по этике толерантность рассматривается в качестве морального качества индивида. Оно выражено в стремлении к достижению взаимопонимания и в согла-

совании различных интересов и позиций, доброжелательном восприятии поведения, привычек, верований, убеждений, интересов других индивидов [13].

В психологии понятие «толерантность» рассматривается с позиции гуманистического подхода, с точки зрения личностной особенности. Толерантность – неотъемлемая часть диалога, который имеет место между «Я» и «Ты». При этом диалоге происходит реальная встреча в возможностях, взаимоотношениях, мнениях [14]. В работах К. Роджерса [15] используется понятие «терпимость», понимаемое автором как «отсутствие надменности».

Наконец, терпимость как форма проявления толерантности есть необходимая, неотъемлемая составляющая духовного развития личности [16].

В отечественной психологии, в силу известных обстоятельств, проблема толерантности (терпимости) в течение длительного времени ограничивалась лишь исследованиями эмоциональной устойчивости личности (П.Б. Зильберман, А.Е. Ольшанникова, О.А. Сиротин, А.Я. Чебыкин, О.А. Черникова и др.).

Как показывает обзор литературных данных, в среде ученых-психологов понимание сущности толерантности в основном совпадает: при толерантном отношении отсутствует либо ослабевает реакция на те или иные благоприятные факторы в связи со снижением чувствительности к их влиянию.

В целом можно выделить пять психологических подходов к рассмотрению толерантности:

1) гуманистический – в его рамках толерантность подразумевает, что человек делает сознательный, осмысленный и ответственный выбор, проявляет свою собственную позицию;

2) диверсификационный – данный подход определяет толерантность как сложный, многоаспектный и многокомпонентный феномен;

3) личностный – в границах этого подхода психологическая основа толерантности представлена личностными установками, смыслами и ценностями;

4) диалогический – в рамках данного подхода межличностную толерантность принято рассматривать в качестве особенного способа взаимоотношений и межличностной интеракции (речь идет о межличностном диалоге);

5) фасилитационный – в границах данного подхода доминирует мысль о том, что толерантность проходит процесс не столько формирования, сколько развития, в связи с чем необходимо создавать условия для такого развития.

Обращение к функциональной направленности толерантности свидетельствует о том, что в этом отношении она исследована пока недостаточно. Тем не менее, в теоретическом плане некоторые исследования уже проведены. Так, в [17] в рамках индивидуальной и общественной морали выделяются следующие функции толерантности: *коммуникативная, ориентационная, эвристическая, гносеологическая, прогностическая и превентивная*.

В данный перечень можно добавить следующие функции: синдикативную (выражается в объединении крупных и небольших групп); трансляционную (она является необходимой для того, чтобы различные субъекты могли выполнять совместную деятельность); адаптивную (предусматривает преодоление копинг-стратегий); конгруэнтно-эмпатическую (основанную на самоуважении и уважении к другим, в этой функции внутренняя свобода индивида сочетается с самодостаточностью).

Итак, анализ понятия «толерантность» показывает, что содержательно оно предстает как способность человека положительно относиться к «непохожести» другого, т.е. признание права за другими на то, чтобы уважать их личность и самоидентичность, как готовность принимать другие логики, воззрения, право на отличие и непохожесть, как терпимое отношение к воззрениям, традициям, убеждениям других индивидов, групп и т.п.

Для сегодняшнего времени из-за чрезвычайного ускорения процессов взаимодействия и взаимовлияния народов, цивилизаций, усиления процессов миграции, проявления среди определенных групп населения экстремизма и разных видов нетерпимости к разным этносам, верованиям и пр. общезначимый характер приобрела *межэтническая толерантность* [18].

Для России с ее сложным конфессиональным (почти 70 религиозных направлений) и этническим (около 150 народностей) составом населения межэтническая толерантность имеет особую значимость.

Между тем выделение сущностных характеристик межэтнической толерантности затруднено тем, что значение основополагающего понятия «этнос» по сей день является многозначным. Одни исследователи рассматривают его в качестве реальной социальной группы, сформировавшейся в процессе исторического развития социума. Согласно другому подходу этническую общность следует рассматривать в качестве социальных конструкций, появляющихся и функционирующих благодаря целенаправленным усилиям политических деятелей и творческой интеллигенции. В ряде

исследований (Л.Н. Гумилев, М. Лацарус, Г. Штейталь) этнос предстает как особая психологическая общность.

Этнос рассматривается как устойчивая в своем функционировании группа индивидов, каждый из которых осознает себя членом этой группы в соответствии с признаками, воспринимаемыми как этно-дифференцирующие признаки [19]. Речь может идти о различных характеристиках, представленных профессиональным и народным искусством, национальным характером, мифами об общих предках, представлениями о родной земле, религией, исторической памятью, нормами поведения, ценностями, языком. Данный перечень можно продолжать до бесконечности, поэтому под этнической общностью следует скорее понимать общие представления о тех или признаках, нежели непосредственно данные признаки.

Очевидно, что попытки определения этноса при помощи конкретных признаков были неудачными, тем более что по мере унификации культуры численность этно-дифференцирующих признаков постоянно уменьшается. Поэтому рассмотрение понятия «межэтническая толерантность» со всей очевидностью должно опираться на разные подходы. Рассмотрим некоторые из них в контексте поставленной в исследовании задачи.

Индивидуально-личностный подход. В рамках данного подхода межэтническая толерантность рассматривается как психологическая готовность и нравственная позиция личности взаимодействовать с представителями другого этноса, или в качестве ее способности и практического признания носителей других ценностей, другой логики мышления, других типов поведения.

В этот контекст вписывается и определение толерантности Г.У. Солдатовой [20]: интегральная характеристика личности, которая определяет способность человека к активному взаимодействию с окружающей средой в сложных и кризисных обстоятельствах.

На индивидуальном уровне межэтническая толерантность является добродетелью, сложным установочным образованием индивида, выражающимися в терпимом отношении к другому образу жизни, другим привычкам, другим чувствам и воззрениям [21]. Подобное терпимое отношение выражается в различных ситуациях, когда происходит внутриличностный и межличностный выбор и когда старые способы разрешения проблемы не работают, а новые только формируются.

В своем исследовании мы придерживаемся следующего понимания межэтнической толерантности – это интегральное свойство целостной индивидуальности человека в единстве его личностных, субъектных и индивидных свойств. На индивидуальном уровне она проявляется как норма поведения личности, проявляющаяся в отсутствии негативного отношения к иной этнической культуре, при котором сохраняется восприятие собственной культуры. В основе этого понимания лежит постулат ценностной равнозначности этнических культур и отсутствие в этом отношении преимуществ одних культур перед другими.

Аксиологический подход. Специфику межэтнической толерантности определяет содержание ценностно-смысловых и мотивационно-потребностных образований личности. Действительно, о толерантном поведении можно говорить только в том случае, когда актуализируется важный личностный ресурс в виде ценностно-смысловых образований. Другой индивид, другой этнос выступают в качестве ценности, в качестве данности. Лишь благодаря основной системе ценностей как смыслообразующей основе толерантного отношения «фрагментарное» восприятие иного индивида либо этноса, к которому он принадлежит, изначально будет выражаться в интолерантной форме, которая способна преобразовываться в толерантную благодаря диалогичности взаимодействия [22].

Социокультурный подход. В исследованиях зарубежных культурологов обозначены признаки, определяющие качественные особенности толерантной личности. К ним относятся: гибкость; эмпатийность; отсутствие категоричности в суждениях. Комплекс этих признаков авторы считают возможным распространять и на межэтническую толерантность.

Основой этнической толерантности, по мнению отечественных ученых, является позитивная этническая идентичность [23].

В наиболее обобщенном понимании термин «идентичность» подразумевает осознание индивидом своей принадлежности к той или иной группе, которое позволяет ему понять свое место в пределах социокультурного пространства. Под этнической идентичностью подразумевается не только способность принять конкретные групповые представления, готовность разделять исходный образ мыслей и идентичные этнические чувства. Этническая идентичность также подразумевает выстраивание взаимоотношений и действий в разных контактах межэтнического характера. При этом толерантность возникает не как результат отречения от своей культуры, она представляет собой характеристику межэтнической интеграции.

Этнопсихологический подход. Считается, что этническую идентичность следует

рассматривать в качестве компонента социальной идентичности индивида, психологической категории, которая относится к пониманию собственной принадлежности к конкретной этнической общности [24].

По мнению социальных психологов, процесс национальной и культурной идентификации способствует укреплению индивидов в структуре смыслов, обеспечивающей порядок и помогающей обрести личное достоинство. Однако нередким явлением во взаимодействии этнических групп выступает гиперболизированная этническая идентичность, получившая название этноцентризм. Смысл этноцентризма состоит в том, чтобы разделить индивидов на «своих» и «чужих» и проявлять главным образом позитивное отношение к своим и отрицательное – к чужим.

В результате анализа выделены особенности межэтнической толерантности как специфического объекта педагогической работы школы, обусловленной спецификой межличностных и межгрупповых отношений в подростковой среде.

Воспитание межэтнической толерантности как педагогический процесс понимается нами как преобразование духовной сферы личности воспитуемого на основе развития в его сознании и принятия образа социально-культурного идеала – терпимого отношения к людям с иными взглядами, отношениями, ценностями, нормами поведения и т.п. [25]. Тогда в качестве *основных задач* такого педагогического процесса становятся:

– актуализация объективной значимости воспитания межэтнической толерантности как качества личности, нуждающегося в педагогическом воздействии;

– искусственное создание среды, способной оказать реальное влияние на воспитание межэтнической толерантности;

– интеграция внешних и внутренних условий развития межэтнической толерантности личности воспитуемого;

– организация воспитательного процесса как системы сознательно организуемых педагогических влияний с учетом индивидуальных и возрастных особенностей воспитуемых.

Таким образом, воспитание межэтнической толерантности в своих задачах предстает как содержательно-смысловая ориентация педагогического процесса.

Список литературы

1. Анализ значения лексем tolerance, толерантность и терпимость в английском и русском языках / В.В. Диденко // Современные исследования социальных проблем. – 2016. – № 4–2 (28). – С. 151–173.

2. Аристотель. Никомахова этика // Сочинения: в 4-х т. Т.4. / общ. ред. А.И. Доватура. – М.: Мысль, 1984. – 294 с.

3. Сенюткина О.Н., Шиманская О.К., Паршаков А.С., Самойлова М.П. Культура. Религия. Толерантность. Культурология: учебное пособие – 2-е изд. – М.: Изд-во: «Инфра-М», 2016. – 247 с.

4. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. – М.: Эксмо, 2007. – (Серия: Антология экономической мысли) – 960 с.

5. Кант И. Лекции о философском учении о религии / И. Кант; пер. с нем. Л. Э. Крыштоп. – М.: Канон+, 2016. – 384 с.

6. Франкл В. Логотерапия и экзистенциальный анализ: Статьи и лекции – Logotherapie und Existenzanalyse. – М.: Альпина нон-фикшн, 2016. – 344 с.

7. Егорова Т.В. Словарь иностранных слов современного русского языка. – М.: Аделант, 2014. – 800 с.

8. Оксфордский словарь. – М.: ЗАО РОСМЭН-Пресс, 2007. – 661 с.

9. Даль В.И. Толковый словарь русского языка. – М.: Издательство: Эксмо, 2015. – 896 с.

10. Бачинин В.А. Этика: энциклопедический словарь / В.А. Бачинин. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 2005. – 288 с.

11. Асмолов, А.Г. Толерантность как культура XXI века / А.Г Асмолов // Толерантность: объединяем усилия. – М.: Летний Сад, 2002. – 159 с.

12. Клименко Е.В. Этнические различия и толерантность: к проблеме разработки социально-культурных программ формирования межэтнической толерантности // Вестник СПбГУКИ. – 2012. – № 3. – С. 46–50.

13. Нетребина А.В. Педагогические условия формирования толерантного поведения в условиях межэтнического общения // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2013. – № 4. – С. 84–88.

14. Филиппов В. От толерантности – к диалогу: опыт Российского университета дружбы народов // Проблемы теории и практики управления. – 2010. – № 9. – С. 8–14.

15. Роджерс К. Клиентоцентрированная терапия [Электронный ресурс] / Роджерс Карл Рэнсом, Хоббс Николас, Гордон Томас, Дорфман Элейн; Пер. В.В. Лях, А.П. Хомик; Предисл. С. Иващенко. – М.: Рефл-бук; Киев: Ваклер, 1997. – 320 с.

16. Проблема формирования толерантности и межэтнической толерантности у подростков – основа духовно-нравственного состояния общества в условиях глобализации / Д.В. Зенович // Сборники конференций НИЦ Социосфера. – 2013. – № 51. – С. 28–32.

17. Бондарева С.К., Колесов Д.В. Толерантность. Введение в проблему. – М.: МПСИ, МОДЭК, 2011. – 240 с.

18. Воспитание толерантности и межэтнической толерантности у подростков – важная проблема современного образования / Д.В. Зенович // Сборники конференций НИЦ Социосфера. – 2013. – № 37. – С. 25–27.

19. Авксентьев А.В. Этнические проблемы современной личности и культуры межнационального общения / А.В. Авксентьев, В.Д. Авксентьев. – Ставрополь: Изд-во СГПН, 2009. – 235 с.

20. Толерантность как фактор противодействия ксенофобии / Г. Солдатова, В. Лекторский, В. Петренко и др. // Методология социального конструирования толерантности и управления рисками ксенофобии в многополярном мире. – М.: Наука, 2011. – С. 13–89.

21. Быстрицкий Е.К. Конфликт культур и методология толерантности // Вопросы философии. – 2011. – № 9. – С. 74–86.

22. Ляушева С.А. Воспитание толерантной личности в контексте межкультурного диалога = Education of the tolerant person in the context of intercultural dialogue // Высшее образование в России. – 2011. – № 2. – С. 82–87.

23. Куликова Т.И., Черкасова С.А., Шалагинова К.С. Социально-психологические детерминанты межэтнических отношений подростков: монография / Под общ. ред. Т.И. Куликовой. – Тула: Изд-во «Имидж Принт», 2013. – 148 с.

24. Жукова О.В. Совместная деятельность школы и национально-культурных объединений как условие успешности воспитания межэтнической толерантности подростков в пространстве большого города / Сборник статей Международной научно-практической конференции «Роль психологии и педагогики в развитии общества». – Уфа: АЭТЕРНА, 13 июня 2015. – С. 56–58.

25. Жукова О.В. Современное образование и толерантность / Сборник материалов 4-й международной научно-практической конференции «Психология и педагогика: актуальные проблемы исследований на современном этапе». – Махачкала, 2014. – С. 18–19.

УДК 378.147:004(575.2)

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ, ЦИФРОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ГАДЖЕТЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ (НА ПРИМЕРЕ КЫРГЫЗСТАНА)

Жумабаева Ч.Н., Бримкулов У.Н.

Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: bkchk@mail.ru

В данной статье представлены результаты проведенного исследования по использованию социальных сетей, облачных технологий, гаджетов и цифровых образовательных ресурсов в образовательных учреждениях Кыргызстана. Исследование проводилось путем интервьюирования, анкетирования преподавателей и студентов университетов Кыргызстана, а также был проведен статистический анализ полученных данных. В опросе принял участие 291 студент из пяти университетов Кыргызстана, из них 90% обучаются по направлению «Информационные технологии», 10% на юридических и медицинских специальностях. Также в опросе приняли участие пятнадцать преподавателей. В ходе анкетирования была выявлена востребованность, доступность и удовлетворенность всех участников учебного процесса предоставляемым университетами техническим оборудованием, интернетом. Полученные результаты отображают мнение студентов и преподавателей о том, каким образом используются вышеперечисленные технологии в учебном процессе. В стране разрабатываются образовательные ресурсы на национальном языке как для школ, так и для университетов. Проведенное исследование дает картину степени их востребованности среди преподавателей и студентов университетов. Полученные результаты позволят оценить готовность участников учебного процесса к использованию современных информационных технологий в учебном процессе.

Ключевые слова: учебный процесс, социальные сети, цифровые образовательные ресурсы, облачные технологии, гаджеты

SOCIAL NETWORKS, DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES AND GADJETS IN EDUCATIONAL PROCESS (THE CASE OF KYRGYZSTAN)

Zhumabaeva Ch.N., Brimkulov U.N.

Kyrgyz-Turkish «Manas» University, Bishkek, e-mail: bkchk@mail.ru

This article presents the results of research on the use of social networks, cloud computing, gadgets and digital educational resources in the educational institutions of Kyrgyzstan. The study was conducted by interviews, questionnaire survey of teachers and students of several universities of Kyrgyzstan, statistical analysis. The survey involved 291 students from five universities in Kyrgyzstan, 90% of them study in the Information Technology direction, 10% of them study on law and medical department. Also, fifteen teachers took part in thıs survey. During the questionnaire the demand, accessibility, and satisfaction of all participants of the educational process by technical equipment and internet provided by the universities was identified. The obtained results reflect the opinion of students and teachers about how the above technologies are used in the educational process. The country develops educational resources in the national language both for schools and for universities. This research gives a picture about the degree of their demand among teachers and university students. The obtained results will allow assessing the willingness of participants in the educational process to use modern information technologies in the educational process.

Keywords: educational process, social networks, digital educational resources, cloud technologies, gadgets

Кыргызстан – страна Центральной Азии (ЦА) с населением 6,2 млн человек. В стране 2236 школ, 36 средних профессиональных учебных заведений, 56 высших учебных заведений.

Сегодняшние школьники и студенты относятся к так называемому «digitally native» поколению. То есть они родились в период бума различных информационных технологий (ИТ) и, можно сказать, на интуитивном уровне уже готовы к использованию всяческих гаджетов. Доказательством этого может служить то, что на сегодняшний день число пользователей интернета в Кыргызстане составляет 59% [1] и большинство из них являются школьниками и студентами [2].

В последнее время в мире накоплен определенный опыт использования социальных сетей и гаджетов в учебном процессе, имеется ряд статей, освещающих и анализирующих накопленный опыт, например, в России, в Казахстане [3, 4] и в других странах [5, 6]. Исследователи из различных стран, как развитых, так и развивающихся, сходятся во мнении, что использование новых технологий ни в коем случае не заменит традиционной формы обучения, и их применение возможно и полезно только в качестве вспомогательных средств обучения.

Как пример, рассмотрим опыт использования социальных сетей и гаджетов в Кыргызстане [7]. Мы думаем, что данное исследование является актуальным и полезным и для других стран СНГ (ЦА).

Исследования по Кыргызстану

Развитие ИТ оказывает свое влияние на способы проведения занятий в образовательных учреждениях. В общем, по мнению авторов, можно выделить два способа

проведения занятий. Один из них заключается в том, что преподаватель на уроках дает теорию, а практические задания и возникающие при этом вопросы обучающиеся решают самостоятельно. Второй подход заключается в том, что обучающимся предлагают изучать теорию более углубленно самостоятельно, используя учебники и интернет-ресурсы, а время на занятиях отводят на выполнение практических заданий и ответы на вопросы. При этом возникающие вопросы по изучаемым темам могут решаться во внеурочное время с помощью социальных сетей, различных чатов и т.д.

Для реализации второго подхода у участников образовательного процесса необходимо наличие различных устройств с выходом в интернет. Существуют различные точки зрения на этот счет: одни считают что надо категорически запретить использование телефонов, различных устройств и интернета [8, 9], по мнению других, их использование могло бы существенно расширить возможности образования [10].

Проведение занятий по второму пути дает возможность обучающимся развивать навык самостоятельного получения знаний, умения думать, что немаловажно для дальнейшего профессионального роста. К сожалению, образовательные учреждения далеко не всегда прививают навык самостоятельного получения знаний. Согласно результатам опроса, проведенного Министерством образования и науки Кыргызской Республики, только 13,6% опрошенных (всего участвовало 199 респондентов) считают, что учеба в университете научила думать.

При внедрении ИТ в учебный процесс возникает ряд проблем, в числе которых:

– недостаточное количество или полное отсутствие открытых для свободного использования высококачественных учебных материалов в цифровых форматах, особенно на национальных языках;

– неподготовленность преподавательского состава и администрации образовательных учреждений к использованию цифровых технологий в процессе обучения;

– ограниченный доступ школ к высокоскоростному интернету и неразвитость ИКТ-инфраструктуры (компьютеры, локальные сети, мультимедиапроекторы и др.).

Несомненно, все эти проблемы не могут быть решены за один день, но существует ряд технологий, которые уже можно применять, которые могут быть доступны любому и уже сейчас активно используются большинством участников образовательного процесса.

Согласно рейтингу [11] на 1 июля 2016 г. в Кыргызстане насчитывалось 2,76 млн пользователей сети Интернет (это 34,4% населения страны). По сравнению с показателем 2015 г. число пользователей выросло на 144 тыс. (1,9%). В указанные годы, несмотря на положительную динамику, Кыргызстан занимал 106 позицию (рейтинг охватывал 201 государство) [12].

Результаты опроса, посвященного оценке уровня медиаграмотности в Кыргызстане [2], показали, что 71,8% респондентов (из 1200) имеют доступ к сети. Из них в интернет выходят через смартфон – 81,1%, через стационарный или портативный компьютер – 17,4%.

В настоящее время далеко не все образовательные учреждения Кыргызстана обеспечены высокоскоростным интернетом. Но тем не менее в стране делаются активные шаги по улучшению ситуации с подключением к интернету образовательных учреждений. По данным на 1 сентября 2017 г. доступ ко Всемирной сети имеют 1242 школы, что составляет 55% от их общего числа [13]. Всего в Кыргызстане на 2018 г. запланировано 100% подключение школ к интернету. Ситуация с университетами намного лучше, большинство из них имеют доступ к интернету. Таким образом, основание для активного внедрения новых технологий в образовательный процесс есть.

Для образовательных учреждений Кыргызстана стоит проблема обеспечения учебной литературой, в особенности на кыргызском языке. Эту проблему Министерство образования пытается решить путем размещения всех учебников в электронном варианте в открытом доступе и в полной версии (lib.kg) [14]. В университетах проблему решают путем использования массовых открытых образовательных сетей, учебно-методических комплексов. В качестве средства для получения консультаций при выполнении домашних заданий возможно использование социальных сетей, форумов, чатов.

Опрос в университетах Кыргызстана

С целью анализа востребованности разрабатываемых образовательных ресурсов на кыргызском языке, возможности использования социальных сетей, гаджетов в процессе получения образования был проведен опрос. В опросе принял участие 291 студент из 5 университетов Кыргызстана, из них 90% обучаются по направлению «Информационные технологии», 10% на юридических и медицинских специальностях. Также в опросе приняли участие 15 преподавателей по направлению «Информационные технологии». Преподаватели по другим направлениям в опросе не участвовали, так

как предполагалось, что преподаватели дисциплин по направлению «ИТ» более подготовлены к применению новых технологий в образовательном процессе.

В опросе приняло участие: преподавателей – 47% женщин и 53% мужчин, студентов – 41% женщин и 59% мужчин. Возраст, принявших участие в опросе приведен в табл. 1.

В социальных сетях зарегистрировано 93% преподавателей и 98% студентов. Из социальных сетей наибольшей популярностью пользуется WhatsApp (преподаватели 87%, студенты 92%), Facebook (преподаватели 73%, студенты 57%) и YouTube (преподаватели 67%, студенты 76%). Очень разнятся результаты по популярности Instagram (преподаватели 40%, студенты 72%) и Telegram (преподаватели 60%, студенты 24%) (табл. 2).

Анализ по целям использования социальных сетей показал, что критерий «с целью общения» набрал максимальный балл как у преподавателей (87%), так и у студентов (78%), использование социальных сетей с целью самообразования набрал 73% у преподавателей и 68% у студентов. Для проведения уроков социальные сети используют 40% преподавателей, в то время как от скуки заходят 33% студентов (табл. 3).

Таблица 1

Возраст респондентов

Возраст / в%	до 20	от 21 до 30	от 31 до 40	от 41 до 50	от 51 до 60	свыше 60
преподаватели	–	13	27	7	20	33
студенты	58,5	41,1	0,4	–	–	–

Таблица 2

Рейтинг популярности социальных сетей

Социальная сеть / в%	WhatsApp	Facebook	YouTube	Skype	Одноклассники	Telegram	Instagram	Мой Мир	Google Plus	LinkedIn	В контакте	Twitter	Другие
преподаватели	87	73	67	60	60	60	40	40	27	27	13	13	0
студенты	92	57	76	40	28	24	72	18	29	7	63	18	14

Таблица 3

Цель использования социальной сети

Социальная сеть / в%	С целью общения	С целью самообразо-вания	Поиск и просмотр развлека-тельного контента	Захожу в соцсети от скуки	Для проведения уроков	Для игр	Для продвижения услуг
преподаватели	87	73	60	27	40	13	20
студенты	78	68	60	33	14	12	6

Таблица 4

Желаемые цели использования социальной сети в учебном процессе

Цели использования / в%	Создание совместного ресурса в интернете	Обсуждение теоретических вопросов	Метод. помощь и консультации студентам	Организация новых видов учебных работ	Другое
преподаватели	73	47	73	47	0
студенты	51	55	41	31	16

Использование социальных сетей в учебном процессе считают нужным и возможным 93% преподавателей и 85% студентов. При этом 67% преподавателей и 59% студентов придерживаются мнения, что социальные сети ориентированы на обучение, а остальные считают, что больше рассчитаны на свободное общение. Желаемые цели использования соцсетей приведены в табл. 4.

Цифровые образовательные ресурсы (ЦОР) на кыргызском языке в процессе обучения используют только 14% преподавателей и 22% студентов. По типам ресурсов можно отметить, что в основном пользуются электронными словарями (табл. 5).

И преподаватели, и студенты не отличаются высокой активностью по использованию мобильных телефонов или других гаджетов для поиска информации по учебе (табл. 6).

В учебном процессе преподаватели и студенты в основном используют личные устройства и интернет (табл. 7).

Таблица 5

Образовательные ресурсы на кыргызском языке, используемые в учебном процессе

Тип ресурса / в%	Электронные словари и переводчики	Электронные библиотеки	Системы тестирования	Другие системы, содержащие образовательную информацию	Веб-страницы, содержащие информацию образовательного характера	Открытые образовательные ресурсы	Другое
преподаватели	93	36	0	0	7	29	7
студенты	93	30	42	16	16	15	21

Таблица 6

Использование мобильных телефонов, других гаджетов для поиска информации по учебе

Использую гаджеты для поиска информации по учебе / в%	Да, на некоторых занятиях	Да, на всех занятиях	Да, очень редко	Не использую
преподаватели	27	33	7	33
студенты	46	28	21	5

Таблица 7

Использование устройств и интернета в учебном процессе

На учебе использую устройства и интернет / в%	университета	мои личные	и то и другое
преподаватели	27	47	26
студенты	14	72	14

Таблица 8

Устройства или гаджеты, используемые для выхода в интернет

Вид устройства для выхода в интернет / %	Мобильный телефон, смартфон	Ноутбук	Планшет	Настольный компьютер	Другое	Нет таких устройств
преподаватели	87	67	40	40	0	0
студенты	84	63	11	2	3	1

Таблица 9

Устройства или гаджеты, используемые на уроках

Вид устройств на уроках / %	Интерактивная сенсорная доска (Smartboard)	Ардуино (Arduino)	Разберри Пай (Raspberry Pi)	Ни один из перечисленных	Другое
преподаватели	47	13	7	27	13
студенты	43	13	2	36	11

Таблица 10

Модели облачных технологий, используемых в учебном процессе

Модели облачных технологий / в%	Не использую облачные технологии	Программное обеспечение как услуга (SaaS, Software as a Servise)	Платформа как услуга (PaaS, Platform as a Service)	Инфраструктура как услуга (IaaS, Infrastructure as a Service)
преподаватели	53	40	20	13
студенты	66	25	8	6

87% преподавателей и 84% студентов для выхода в интернет используют мобильные телефоны либо смартфоны, ноутбуком пользуются 67% преподавателей и 63% студентов.

Из опрошенных 47% преподавателей и 43% студентов имеют опыт использования интерактивной доски. Другие виды гаджетов используются не так часто либо не используются вообще (табл. 9).

Использование гаджетов в учебном процессе считают необходимым (эффективным) 87% преподавателей и 92% студентов. Облачные технологии в учебном процессе используют 47% преподавателей и 34% студентов (табл. 10).

Заключение

На основе проведенного анализа можно сказать, что студенты проявили более высокую активность в процессе опроса, в отличие от преподавателей. В свободных дискуссиях ребята выражали надежду на изменения в учебном процессе. В общем, можно сформулировать следующие результаты (выводы) проведенного исследования из таблиц:

1. 98% респондентов зарегистрированы в социальных сетях.

2. Все участники опроса используют соцсети для общения и для самообразования.

3. Участники исследования считают возможным использование социальных сетей в университетах как средство взаимосвязи в рамках учебного процесса.

4. Основными устройствами для выхода в интернет являются мобильные устройства и ноутбуки.

5. Во всех университетах имеется интернет, техническое оборудование, но большинство участников опроса предпочитает использовать личные устройства и мобильный интернет, так как техническое оборудование учебных заведений зачастую является устаревшим, а также требует настройки «под себя» каждого компьютера. При использовании интернета, оплачиваемого университетами, возникают некоторые неудобства, вызванные, к примеру, небольшим объемом выделяемого трафика, установленными паролями на wi-fi или же низкой скоростью передачи данных.

6. В Кыргызстане ведется разработка образовательных ресурсов на кыргызском языке, но участниками учебного процесса они пока не были востребованы. Предпочтение больше отдается ресурсам на английском, русском и турецком языках (последнее относится к Кыргызско-Турецкому университету «Манас»).

7. Основными востребованными ресурсами на кыргызском языке являются электронные словари.

8. Технически сложные гаджеты (к примеру, Arduino, Rusberry Pi, FPGA), которые можно было бы использовать в обучении для повышения эффективности, не имеют широкого распространения и знакомы только единицам.

9. Облачные технологии пока не очень востребованы. Для хранения данных обучающиеся предпочитают либо собственные носители, либо сервера внутри учебного заведения.

В целом социальные сети могут оказать серьезную помощь в организации и проведении учебного процесса и являются важным источником цифровых ресурсов.

Список литературы

1. Жакыпбекова Ж. В Кыргызстане пользователей интернета в северных регионах больше, чем в южных. // Ин-

формац. агентство Кабар [Электронный ресурс]. – URL: http://kabar.kg/news/v-kyrgyzstane-pol-zovatelei-interneta-v-severnykh-regionakh-bol-she-chem-v-iuzhnykh/ (дата обращения: 16.01.2018).

2. Телевизор, смартфон, компьютер. [Электронный ресурс]. – URL: https://kaktus.media/doc/367538_televizor_smartfon_komputer._chto_predpochitaut_kyrgyzstancy_opros.html (дата обращения: 13.02.2018).

3. Фещенко А.В., Зильберман Н.Н., Куликов И.А., Можаева Г.В. Использование социальных сетей и систем дистанционного обучения в учебном процессе: мнение преподавателей и студентов // Гуманитарная информатика. – 2015. – № 9. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sotsialnyh-setey-i-sistem-distantsionnogo-obucheniya-v-uchebnom-protsesse-mnenie-prepodavateley-i-studentov (дата обращения: 13.02.2018).

4. Королева Д. Всегда онлайн: использование мобильных технологий и социальных сетей современными подростками дома и в школе [Электронный ресурс]. – URL: https://vo.hse.ru/data/2016/03/21/1128169233/Koroleva.pdf (дата обращения: 13.02.2018).

5. Shim J.P., Dekleva S., Guo C., Mittleman D. Twitter, Google, iPhone/iPad, and Facebook (TGIF) and Smart Technology Environments: How Well Do Educators Communicate with Students via TGIF? Communications of the Association for Information Systems, 2011, Vol.29, Article 35. URL: http: http://aisel.aisnet.org/cais/vol29/iss1/35 (дата обращения: 13.02.2018).

6. Youmei L. Social Media Tools as a Learning Resource, Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE), 2010, Vol. 3: Iss.1, Article 8. URL: http: http://aquila.usm.edu/jetde/vol3/iss1/8 (дата обращения: 13.02.2018).

7. Жумабаева Ч., Бримкулов У., Барыктабасов К. Использование социальных сетей, цифровых образовательных ресурсов и гаджетов в процессе обучения (на примере Кыргызстана) // Использование цифр. средств обучения и робототехники в общем и профессиональном образовании: материалы междунар. науч.-пр. конф. – Барнаул: изд-во Алт. ун-та, 2017. – С. 32–37.

8. Школьникам предлагают запретить пользоваться смартфонами. Ваше мнение [Электронный ресурс]. – URL: https://24.kg/obschestvo/70898_shkolnikam_predlagayut_zapretit_polzovatsya_smartfonami_vashe_mnenie/ (дата обращения: 13.02.2018).

9. Еще один депутат требует запретить использование сотовых телефонов в школе [Электронный ресурс]. – URL: https://24.kg/vlast/73600_esche_odin_deputat_trebuet_zapretit_ispolzovanie_sotovyih_telefonov_vshkole/ (дата обращения: 13.02.2018).

10. Кацев А. Школьникам надо разрешить джинсы и гаджеты [Электронный ресурс]. – URL: https://kaktus.media/doc/367605_aleksandr_kacev:_shkolnikam_nado_razreshit_djinsy_i_gadjety.html ((дата обращения: 13.02.2018).

11. Internet Users by Country (2016) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country/ (дата обращения: 13.02.2018).

12. Число пользователей Интернета в КР превысило два миллиона [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.sputnik.kg/Kyrgyzstan/20160728/1028236996.html (дата обращения: 13.02.2018).

13. Кудайбердиева Г. Реформы образования приносят первые плоды [Электронный ресурс]. – URL: http://slovo.kg/?p=95290 (дата обращения: 13.02.2018).

14. Бримкулов У.Н., Жумабаева Ч.Н., Турдакунов К.К. Анализ открытых образовательных ресурсов на кыргызском языке // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – Бишкек, 2016. – № 3(39), часть I. – С. 390–398.

УДК 378.2

АНАЛИЗ ФАКТОРА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ У СТУДЕНТОВ МЛАДШИХ КУРСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗОВ

Комкова Т.Ю., Тимофеев П.Г., Ягопольский А.Г.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, e-mail: tkomkova@bmstu.ru, timgtu@mail.ru, argch@bmstu.ru

Данная статья посвящена изучению причин и последствий поступления в технические университеты абитуриентов, не имеющих мотивации для обучения инженерным специальностям, но обладающих достаточным потенциалом для получения высшего образования. Проводится обзор рынка образовательных услуг в России с точки зрения развития рыночных механизмов в системе образования, характерной чертой которых являются значительные структурные изменения в экономике, оказывающие влияние на степень привлекательности различных профессий и специализаций. Представлен анализ совокупности факторов, определяющих решение абитуриентов поступать в конкретное высшее учебное заведение, делается вывод о недостаточно высокой популярности инженерных специальностей, которые тем не менее остаются одними из самых востребованных для высокотехнологичных отраслей производств и оборонно-промышленного комплекса страны. Обосновывается применение термина «отложенный выбор» по отношению к таким студентам, когда достаточно способные к обучению студенты не отличаются высокими достижениями в учебе, и делается вывод о потенциальной опасности этого явления с точки зрения качества предоставляемых высшим учебным заведением образовательных услуг. Доказывается необходимость разработки и внедрения в образовательные программы технических вузов специальных мероприятий, стимулирующих развитие интереса к инженерным специальностям.

Ключевые слова: система образования, абитуриент, техническое образование, инженерные специальности, выбор учебного заведения, образовательные услуги, образовательная программа, профессиональная ориентация

UNCERTAINTY ANALYSIS OF PROFESSIONAL ORIENTATION OF FIRST-YEAR STUDENTS AT THE TECHNICAL UNIVERSITIES

Komkova T.Yu., Timofeev P.G., Yagopolskiy A.G.

Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University» (BMSTU), Moscow, e-mail: tkomkova@bmstu.ru, timgtu@mail.ru, argch@bmstu.ru

This article is devoted to the study of the causes and consequences of admission to technical universities of students who do not have motivation to study engineering, but have sufficient potential for higher education. The review of the market of educational services in Russia from the point of view of development of market mechanisms in system of education which characteristic feature are the considerable structural changes in economy influencing degrees of attractiveness of various professions and specializations is carried out. The article presents an analysis of the set of factors that determine the decision of applicants to enter a particular higher education institution, the conclusion is made about the insufficiently high popularity of engineering specialties, which, nevertheless, remain one of the most popular for high-tech industries and the military-industrial complex of the country. The article substantiates the use of the term «delayed choice» in relation to such students, when enough capable of training students do not have high achievements in study, and concludes the potential danger of this phenomenon in terms of the quality of educational services provided by the University. The necessity of the development and introduction of special measures in the educational programs of technical universities, stimulating the development of interest in engineering specialties, is proved.

Keywords: education system, entrant, technical education, engineering, choice of educational institution, educational services, education program, professional orientation

Приоритетные отрасли экономики требуют постоянного притока высококвалифицированных специалистов, в том числе выпускников высших учебных заведений. Кадровый запрос для вузов проходит обязательное многостороннее обсуждение с участием не только специалистов из Министерства образования и науки РФ и отраслевых государственных органов федерального и местного значения, но и с привлечением представителей работодателей [1, 2]. Наличие или отсутствие потребности в специалистах различного профиля находит свое отражение в значениях контрольных цифрах приема для учебных заведений. Таким образом, формируется инструмент регулирования баланса спроса и предложения на рынке труда, насыщения приоритетных в настоящий момент отраслей экономики достаточным количеством специалистов.

Однако перечень направлений подготовки, сформированный в виде кадрового запроса для вузов и определяющий наиболее востребованные специальности, не

всегда совпадает со сложившимися в обществе приоритетами по ранжированию профессий. Для абитуриентов, не набравших достаточное количество баллов по ЕГЭ, требуемое для поступления на популярные направления подготовки, возникает дилемма – поступать на платное отделение по изначально выбранной специальности или подать документы на бюджетное отделение вуза, предлагающего обучение по направлению подготовки, не вызывающему никакого интереса у абитуриента, но бесплатно. По окончанию приемной кампании, образовательные организации высшего образования отчитываются о достигнутых показателях приема, формируют учебные группы и приступают к образовательному процессу, подводя таким образом черту под процессом зачисления. При этом в расчет не принимается тот факт, что в учебных группах, особенно в технических вузах, находится значительное количество студентов, как правило, слабо представляющих себе не только специфику будущей профессии, но и свои возможности и перспективы как специалиста в выбранной области знаний. По мере развития учебного процесса у многих из студентов возникает сомнение в правильности сделанного выбора, причем размышления могут касаться как выбранной специальности, так и конкретного учебного заведения.

Таким образом, высшие учебные заведения сталкиваются с проблемой «отложенного выбора», когда естественное количественное несоответствие между набором и выпуском может значительно возрасти из-за студентов, решившихся сменить профессию или вуз. Во многих случаях возможность сохранения количественного состава курса неизбежно связана со снижением качества образования. Целью статьи является исследование причин и последствий возникновения «отложенного выбора» у студентов первых курсов технических вузов.

Текущая ситуация на рынке образовательных услуг

В настоящее время в системе организации и развития российского высшего профессионального образования продолжаются преобразования, в определенном смысле отражающие качественные этапы развития общества [3]. Отечественная система образования на протяжении значительного времени исключала наличие материальных отношений в педагогической деятельности, что соответствовало условиям плановой экономики. Более того, даже в условиях рыночной экономики огромный научный потенциал и педагогические традиции российской системы высшего образования позволили поддерживать высокий уровень ее конкурентоспособности. Тем не менее образовательные учреждения не могут игнорировать объективных изменений, происходящих в обществе, и оказываются вовлеченными в процессы реформирования. Существенной характерной чертой настоящего времени являются значительные структурные изменения в экономике, которые в том числе сказываются на степени привлекательности различных профессий и специализаций [4].

Одним из проявлений таких изменений является внедрение рыночных механизмов саморегулирования в систему высшего образования, призванных устранить противоречия между рынком образовательных услуг и рынком труда. Данные изменения особенно отчетливо проявляются при осуществлении приема в вуз. За последнее время появилось достаточно большое количество негосударственных образовательных учреждений, провоцируя тем самым очевидное превышение предложения над спросом на рынке образовательных услуг. Более того, многие государственные образовательные учреждения активно развивают платные формы обучения, которые охватывают наиболее популярные у абитуриентов направления подготовки.

Таким образом, образовательные услуги в условиях рыночных отношений приобретают свойства товара, однако обладают рядом характерных особенностей:

1. Образовательная услуга – это процесс, качество которого определяется порядком взаимоотношений поставщика и потребителя услуги (учитель – ученик), сформированным в течение продолжительного времени в качестве научной и педагогической школы.

2. Образовательная услуга индивидуализирована – несмотря на наличие информационных материалов в общем доступе, занятия с конкретным преподавателям более эффективны.

3. Даже при наличии спроса на услугу, она не может быть увеличена в объеме без очевидной потери качества.

В самом общем случае, в условиях рыночных отношений не всегда возможно точно предугадать тенденции развития спроса на предоставляемые товары или услуги. Кроме того, рыночные механизмы ориентированы в первую очередь на получение прибыли, а в условиях становления и развития рыночной экономики устойчивые и долгосрочные вложения рассматриваются как достаточно рискованные. При этом сформированный в России рынок образовательных услуг предоставляет широкие возможности

для обучения в зависимости от проявленных способностей абитуриентов, а также с учетом их финансовых возможностей.

Анализ предпочтений абитуриентов

При выборе вуза выпускники школ, как правило, недостаточно хорошо представляют специфику будущей профессии, а ориентируются, прежде всего, на сложившиеся в обществе стереотипы, мнение сверстников, влияние родителей [5]. Во главу угла ставятся такие особенности профессии, как востребованность на рынке труда, уровень зарплаты, характер деятельности и т.п. Более того, при выборе решения уже в пользу какой-либо отдельной специальности факультета, абитуриент часто удовлетворяется короткой информацией о специализации кафедры, оценивая полученные сведения поверхностно.

На основе анализа работы в приемной комиссии в 2016 и 2017 гг. в МГТУ им. Н.Э. Баумана, а также профориентационной деятельности в профильных и подшефных школах можно представить некоторые наблюдения, связанные с процессами выбора школьниками места будущей учебы. Анализ предпочтений абитуриентов, подающих документы в приемную комиссию и учащихся выпускных классов школ, которые еще не сдавали ЕГЭ, показал принципиальную разницу между ними при определении интересующей их профессии. Школьники, еще не сдававшие ЕГЭ, и, следовательно, не обладающие информацией о своих реальных возможностях для поступления, склонны обращать больше внимания на специальности, связанные с компьютерными технологиями, программированием, созданием аэрокосмической техники и т.д. Очевидно, что после получения результатов ЕГЭ в сферу рассмотрения попадают в том числе и другие технические специальности.

Изначально выбор профессии связан с той позицией, которые занимают в обществе представители той или иной профессии на данном этапе развития экономики. Стремление получить престижную специальность вызывает одобрение родителей и поднимает статус абитуриента в глазах сверстников, при этом зачастую о самой профессии абитуриент имеет весьма поверхностное представление. Однако по мере приближения момента подачи заявления в приемную комиссию значительная часть выпускников испытывает определенные опасения в успешности прохождения конкурса, и оказывается перед возможностью вообще не поступить в вуз. У абитуриентов с невысокими баллами по ЕГЭ стремление обучаться на престижной специальности связано с достаточно серьезным риском не пройти конкурсный отбор или попасть на платное отделение. У абитуриентов и их родителей возникает вполне понятное желание себя подстраховать, что приводит к выбору нескольких специальностей в нескольких образовательных организациях, тем более что правилами приема разрешено участвовать в конкурсе в пяти вузах по трем направлениям подготовки и специальности в каждом. По результатам исследований, часть абитуриентов, выбирающих профессию инженера, одновременно подает документы на такие специальности, как юрист, менеджер, экономист [6]. С учетом невысокой популярности инженерных специальностей в современном российском обществе, очевидно, что технический вуз является «страховочным». В еще большей степени эта тенденция проявляется в рамках одного института, когда абитуриенты выбирают несколько инженерных специальностей, достаточно сильно отличающихся друг от друга. Очевидно, в подобных действиях прослеживается желание абитуриента учиться на престижной специальности в известном университете, или как минимум поступить в известный вуз. Часто оказывается, что понимание специфики каждой из выбранных специальностей при этом весьма поверхностно. Исследования показали, что более уверенные в своих силах абитуриенты, как правило, ограничиваются выбором одной специальности, а менее подготовленные подают документы на несколько специальностей [7].

Согласно исследованию предпочтений абитуриентов [8], для подавляющего числа вчерашних школьников, которые выбирают место будущего обучения, наибольшее значение имеет уверенность в высоком качестве образования, которое может предоставить вуз. Кроме этого, большое внимание уделяется следующим факторам, в порядке убывания приоритетности – перспективные направления подготовки, хорошая репутация учебного заведения, мнения родителей [9]. Однако даже отсутствие всех этих факторов не исключает стремления получить высшее образование, что в российском обществе превратилось в устойчивый стереотип.

На основании неофициальных опросов абитуриентов и их родителей во время работы приемной комиссии в МГТУ им. Н.Э. Баумана, всех поступающих условно можно разделить на три группы. В первую группу входят абитуриенты, убежденные в актуальности, востребованности и перспективности выбранной профессии. Абитуриенты из этой группы подают документы на

определенную специальность, не рассматривают альтернативные варианты – специальности низких уровней приоритетности указываются формально. Как правило, достигнутые результаты ЕГЭ гарантируют им прохождение конкурсного отбора.

Вторую группу абитуриентов составляют вчерашние выпускники школ, которые не возражают, что предложенная им специальность является актуальной, востребованной и перспективной. Данная группа абитуриентов готова изменить выбранную ранее специальность в зависимости от информации, полученной в приемной комиссии, рассматривает альтернативные варианты, откладывает принятие окончательного решения на поздний срок. Сравнительно высокие результаты ЕГЭ этой группы абитуриентов, часто оказываются на границе конкурсного отбора для выбранной специальности, но в условиях минимального риска.

Третья группа абитуриентов участвует в конкурсном отборе на те специальности, куда гарантированно проходит в соответствии с достигнутыми баллами ЕГЭ. Этих абитуриентов практически не интересует будущая специальность, в зависимости от ситуации на конкурсе они готовы ее достаточно легко поменять – приоритетным для них является сам факт поступления, в некоторых случаях – поступление с обязательным предоставлением общежития. Следует отметить, что деление носит исключительно качественный характер, количественные соотношения сильно зависят от специальностей и их исследование не является целью работы. Однако определенно можно сказать, что наиболее представительной является вторая группа абитуриентов, которых можно считать «условно определившимися».

Студенты отложенного выбора

Принимая в расчет наличие в учебных группах (в различных пропорциях, в зависимости от специальности) представителей всех трех групп абитуриентов, естественно ожидать по отношению к образовательному процессу весь спектр действий, типичных для любого вуза [10]. В одних случаях ценность образования очевидна для большинства обучающихся, особенно в случае большого количества стимулирующих факторов – ожидание высокого уровня заработной платы после окончания вуза, гарантированное трудоустройство, общественное уважение к представителям данной профессии. В других случаях ценность получаемого образования раскрывается по мере взросления и на младших курсах может вызывать сомнения. В последнее время фокус общественного интереса и признания сместился в сторону от инженерных профессий, с другой стороны, инженерное образование является наиболее массовым. Таким образом, в технических вузах в настоящее время обучается сравнительно большое число студентов, чье поступление в образовательное учреждение не было связано с интересом к технической профессии, а продиктовано лишь стремлением получить диплом о высшем образовании. Следовательно, формируется сравнительное большое число студентов, потенциально способных по разным причинам прервать свою учебу. Применительно к группе «условно определившихся» студентов можно выделить два основных мотива отчисления:

1. Первые месяцы учебы привели к мысли, что выбранная область деятельности для студента абсолютно неприемлема, он не предполагает работать не только по специальности, но и вообще иметь какое-либо отношение к технике, дальнейшее пребывание в техническом вузе является бесполезной тратой времени.

2. Процесс обучения является слишком сложным для решения задачи получения диплома о высшем образовании, безотносительно выбранной специальности – существуют другие технические учебные заведения, в том числе на коммерческой основе, где процедура получения диплома не такая сложная.

На основании статистики, собранной на первом курсе факультета «Машиностроительные технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана, можно сделать вывод о том, что на самом деле отчисляется сравнительно небольшая часть «условно определившихся» студентов, которые часто демонстрируют достаточно неплохие показатели в учебе. В подавляющем большинстве случаев отчисляются студенты, отказавшиеся от технического образования, это решение, как правило, хорошо обдумано, согласовано с родителями и редко меняется.

Студентов, которые могут быть отчислены в связи с трудностями учебного процесса, в общем случае следует рассматривать как абитуриентов с «отложенным выбором», причем это состояние может сохраняться вплоть до написания выпускной квалификационной работы. Даже в том случае, когда они не собираются отчисляться немедленно, их положение на курсе крайне неустойчивое. Можно сказать, что их пребывание в институте обусловлено скорее боязнью столкнуться с большими трудностями в другом техническом вузе. Однако со временем эта боязнь может быть вытеснена реальными сложностями текущей учебы. Следует отметить, что студенты с «от-

ложенным выбором», получив в свое время достаточно высокие баллы по ЕГЭ (но недостаточные для поступления, например, на IT-специальности), часто показывают неплохие результаты в учебе, но при этом их знания носят, как правило, формальный, бессистемный характер. Изучение учебных дисциплин осуществляется по избирательному принципу, соответственно в знаниях присутствуют пробелы, затрудняющие формирование профессиональных навыков, умений и компетенций.

Таким образом, для решения задачи сохранения приемлемой численности курса технический вуз должен или согласиться с неизбежным понижением качества подготовки студентов, или продумать и внедрить в учебный процесс мероприятия [11], ориентированные на студентов с «отложенным выбором», способствующие возникновению и развитию у них стремления к инженерной профессии.

Заключение

В настоящее время явление «отложенного выбора» студентов младших курсов технических вузов трудно рассматривать как основную причину низкой успеваемости курса и большого количества отчислений. Однако игнорирование этого явления может привести к неприятным последствием в перспективе. С другой стороны, данная категория студентов потенциально способна хорошо учиться и успешно освоить профессию. Поэтому технические вузы должны учесть в своих учебных программах специальные мероприятия, направленные на развитие интереса к инженерной деятельности, воспринимать своих студентов, по крайней мере на младших курсах, как абитуриентов со студенческим билетом, которым на самом деле еще предстоит сделать свой выбор. Будучи заинтересованными в получении качественного инженерного образования, эти студенты способны оказать содействие своему учебному заведению, как с точки зрения проводимых научных исследований, так и высокого уровня образования.

Список литературы

1. Зимин В.Н., Падалкин Б.В. Вопросы кадрового обеспечения предприятий ракетно-космической отрасли // Высшее образование в России. – 2015. – № 4. – С. 87–91.

2. Зимин В.Н., Пролетарский А.В., Сергеев Д.А. Подготовка кадров цифровой экономики // Заметки ученого. – 2017. – № 7 (23). – С. 15–20.

3. Цибизова Т.Ю. Подготовка высококвалифицированных специалистов в системе непрерывного профессионального образования (на примере МГТУ им. Н.Э. Баумана) // European Social Science Journal. – 2011. – № 2 (5). – С. 154–159.

4. Зимин В.Н., Цибизова Т.Ю., Чернега Е.В., Сергеев Д.А., Августан О.М. Подготовка инженерных кадров для цифровой экономики России: монография. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 289 с.

5. Зимин В.Н., Марданов С.А., Сергеев Д.А. Теоретические и практические основы формирования профессиональной траектории студентов IT-специальностей // Международный журнал экспериментального образования. – 2017. – № 8. – С. 34–38.

6. Каников Ф.К., Трунькина О.В. Ориентация учащейся молодежи на инженерную профессию // Социологические исследования. – 2004. – № 11. – С. 111–115.

7. Далингер В.А. Смена мотивационного вектора в выборе абитуриентами специальности при поступлении в вуз // Высшее образование сегодня. – 2011. – № 9. – С. 60–61.

8. Хлабыстова Н.В. Факторы, определяющие выбор вуза и профессиональное самоопределение абитуриентов (на примере ФГБОУ ВПО «КУБГТУ») // Научные труды КУБГТУ. – 2014. – № 2. – С. 1–10.

9. Селиверстова С.Ю. Анализ предпочтений абитуриентов в контексте формирования учебно-профессиональной мотивации к обучению в вузе // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 1 (44). – С. 242–247.

10. Куцый О.Я., Куцая А.Ю., Савохина О.М., Комкова Т.Ю. Об изменении в учебном плане и практической подготовке специалистов // Литейное производство. – 2015. – № 11. – С. 26–29.

11. Комкова Т.Ю., Ягопольский А.Г. Кураторская работа при подготовке научных и инженерных кадров для ракетно-космической промышленности // Инженерный вестник. – 2013. – № 12. – С. 9.

УДК 377.1

МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ТЕХНИКУМА

[1,2]Коновалов С.В., [3,4]Бойкова И.В.

[1]Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», Самара, e-mail: ksv@ssau.ru;
[2]Уханьский текстильный университет, Ухань;
[3]Новокузнецкий филиал-институт ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», Новокузнецк;
[4]Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, e-mail: bkv-iv@yandex.ru

В работе представлены модели и механизмы, определяющие в технологии формирования культуры самостоятельной работы студента техникума возможность повышения качества решения учебных, учебно-тренировочных, профессионально-трудовых задач. Модели и механизмы формирования культуры самостоятельной работы студента техникума определяются в системе реализуемых методологических подходов (системно-деятельностный подход, функционально-трудовой подход, компетентностный подход, адаптивно-акмепедагогический подход, здоровьесберегающий подход), гарантирующих объективность и достоверность измерения и формирования исследуемого предмета – моделей формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума. Качество определения и решения задач и противоречий в структуре развития личности базируется на адаптивно-акмепедагогическом способе построения основ развития личности. Все ступени или уровни формирования культуры самостоятельной работы студента техникума являются моделью системного развития и становления личности в реализации возможностей профессионального образования. Исследование качества формирования культуры самостоятельной работы студента техникума определяется системой оценки продуктов деятельности личности и заложенными критериями и показателями успешности профессионального становления личности. Примеры продуктов и конструктов формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума иллюстрируют особенности выделенного направления поиска и детализируемых успешных форм работы со студентами в различных направлениях социализации и самореализации личности, включенной в систему профессионального образования.

Ключевые слова: культура самостоятельной работы студента техникума, моделирование, модель, технология формирования культуры самостоятельной работы студента техникума

MODELS AND MECHANISMS FOR FORMING THE CULTURE OF THE INDEPENDENT WORK OF STUDENTS OF THE TECHNICAL CULTURE

[1,2]Konovalov S.V., [3,4]Boykova I.V.

[1]Samara National Research University, Samara, e-mail: ksv@ssau.ru;
[2]Wuhan Textile University, Wuhan;
[3]Novokuznetsk Branch – Institute of Kemerovo State University, Novokuznetsk;
[4]Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, e-mail: bkv-iv@yandex.ru

The paper presents the models and mechanisms that determine the possibility of improving the quality of the solution of educational, training, vocational tasks in technology of forming a culture of independent work of a technical college student. Models and mechanisms for the formation of a culture of independent work of a technical college student are determined in the system of implemented methodological approaches (the system-activity approach, the functional-labor approach, the competency approach, the adaptive-acme-pedagogical approach, the health-saving approach) that guarantee the objectivity and reliability of measurement and formation of the studied subject – culture of independent work of students of the technical school. The quality of the definition and solution of problems and contradictions in the structure of personal development is based on the adaptive & acme-pedagogical method of building the foundations of personal development. All steps or levels of the formation of a culture of independent work of a technical college student are a model of the system development and formation of the individual in the realization of the possibilities of professional education. The study of the quality of the formation of a culture of independent work of a technical college student is determined by the system of evaluating the products of the personality's activity and the laid down criteria and indicators of the success of the professional development of the individual. Examples of products and constructs for the formation of a culture of independent work of technical college students are illustrated by the features of the highlighted direction of search and detailed successful forms of work with students in various areas of socialization and self-realization of the individual included in the vocational education system.

Keywords: culture of self-dependent work of a student of a technical school, modeling, model, technology of formation of culture of self-dependent work of a student of a technical school

Теория и практика педагогического моделирования определяет перспективность постановки и решения задач современной педагогики как науки [1]. Социальная, образовательная и профессиональная обусловленность разработки моделей и визуализации механизмов формирования культуры самостоятельной работы студентов техни-

кума в процессе ведущей деятельности личности определяет качество продуцируемых средств и способов постановки и решения задач развития в модели современного профессионального образования [2, 3]. В таком понимании важность выбора эталонов и способов построения и уточнения моделей [4, 5] и механизмов формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума определяет способность личности и общества выделять и решать задачи, ценности и качество которых гарантирует повышение уровня культуры деятельности, определяющей культуру самостоятельной работы студентов техникума – многомерной системой и профессионально-педагогическим инструментом самоорганизации качества развития личности обучающегося и системы профессионального образования, гарантирующих личности учет всех потенциальных возможностей продуктивного становления личности в социально-образовательных и профессионально-трудовых процессах и отношениях.

Выделим все базовые составные решения постановки и задач формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума:

– детерминация и возможности формирования культуры самостоятельной работы студента техникума как продукт самоидентификации и самореализации личности определяет возможность качественного уровневого моделирования и уточнения моделей формирования культуры самостоятельной работы студента техникума, определяющих в трех традиционно выделяемых конструктах (широкий, узкий и локальный смыслы) особенности решения задач и визуализации успешности продуктивного поиска личности;

– специфика и педагогические условия формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума отражает точность проецирования возможностей процесса формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума на реальные и объективные возможности развития личности и системы образования;

– педагогическая технология определяет составные возможности эффективного решения педагогической задачи в рамках заявленных ограничений и способов решения противоречий в педагогической деятельности и педагогическом процессе в целом [5–7], что позволяет оптимально подойти к формированию культуры самостоятельной работы личности обучающегося и студента;

– культура самостоятельной работы личности: модели и возможности формирования [8] описывают обобщенные способы и технологии детерминации и решения задач формирования культуры самостоятельной работы личности в системе непрерывного образования;

– методология формирования культуры самостоятельной работы педагога и методы ее исследования [9] раскрывают особенности продуктивного поиска оптимальных возможностей классифицирования и обновления совокупности методологических подходов и методов исследования в педагогике, особенности продуктивного научно-педагогического поиска непосредственно связаны с качественным выбором вида и направления формирования культуры самостоятельной работы личности;

– моделирование уровневой технологии обучения [10] определяет перспективность развития личности педагога, включенного в систему непрерывного образования;

– продуктивность использования технологии системно-педагогического моделирования [11] раскрывается через описание персонифицированных возможностей личности в структуре формирования культуры самостоятельной работы;

– феноменологические особенности формирования культуры самостоятельной работы педагога [12] детализируют практику единства и связи философии науки с общей, профессиональной и социальной педагогикой;

– модели формирования и управления культурой самостоятельной работы педагога в условиях непрерывного профессионального образования [13] раскрывают направленность развития личности в системе непрерывного образования как гаранта стабильности и устойчивости развития личности и общества в целом;

– культура самостоятельной работы как условие развития профессиональных компетенций будущих инженеров-строителей [14] отражает возможность исследования качества формирования и развития личности в системе инженерно-технического образования;

– педагогическое моделирование в решении задач научного исследования [15] раскрывает направленность педагогики как науки в определении и решении задач современного научного поиска и включения личности педагога в процесс научного исследования;

– портфолио школьника как результат формирования его культуры самостоятельной работы [16] отражает специфику детализации качества рефлексии личности, начиная с ранних этапов включения личности в систему непрерывного образования;

– культура самостоятельной работы обучающегося: типология, модель [17] обозначает возможность представления традиционных и инновационных типологий (классификаций) в структуре продуктивного решения задач научного поиска педагога;

– инновации и модели повышения качества педагогической деятельности [18, 19] гарантируют успешность развития и самореализации личности, основы системного выбора продуктивных отношений и моделей самореализации в которых могут быть рассмотрены через процесс формирования культуры деятельности и культуры самостоятельной работы;

– система принципов формирования культуры самостоятельной работы педагога [20] определяется и детализируется как механизм реализации условий продуктивного педагогического взаимодействия; иллюстрация особенностей линейного и нелинейного педагогического моделирования в системе принципов является способом оптимизации условий и ценностей, компетенций и трудовых функций педагога;

– культура самостоятельной работы педагога как механизм формирования профессиональной компетентности, самореализации и конкурентоспособности [21] детализирует успешность системного поиска в решении задач современного научного исследования, в котором культура самостоятельной работы педагога как личности иллюстрирует возможность продуктивности и персонификации современного развития и самореализации личности;

– педагогика: контрольно-оценочные средства (курсы/модули «Введение в педагогическую деятельность» [22, 23], «Общие основы педагогики» [24, 25], «Теория воспитания» [26, 27], «Теория обучения» [28, 29], «Социальная педагогика» [30, 31], «Педагогика физической культуры и спорта» [32, 33]) разработаны в соответствии с технологией формирования культуры самостоятельной работы студента техникума, выделены два варианта изучения основ педагогики – адаптивный и акмепедагогический, в единстве охватывающих весь спектр обучающихся, способности которых в генеральной совокупности распределены нормально;

– практическая педагогика (разделы / модули «Педагогическое проектирование», «Психолого-педагогический практикум», «Педагогические технологии») определяется в структуре изложения дидактического материала в соответствии с репродуктивно-продуктивным способом формирования и развития личности, основа которых может быть проиллюстрирована качеством формирования и сформированности культуры самостоятельной работы личности и пр., в структуре предлагаемого решения адаптивный и акмепедагогический способы самоорганизации качества решения задач развития личности определяют результаты персонификации развития личности [34] в системе непрерывного образования.

Модели и механизмы формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума могут быть выделены в системе следующих способов и ресурсов детерминации и реализации основ формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума:

– игровая модель (игра как механизм социализации и самореализации, адаптации и развития личности определяет возможности и качество продуктивного поиска личности с раннего возраста, на протяжении всего периода развития личности в системе социальных, образовательных и профессионально-трудовых отношений игра является уникальным ресурсом самовосстановления и релаксации, способом и механизмом реализации целостного развития личности в научном пространстве и непосредственно продуцируемых формах целевого решения задач дополнения объективного мира новыми образами и так называемыми возрастосообразными игрушками; примером развития личности и общества может быть интернет и социальные сети, использование которых различными категориями обучающихся определяется сообразно детерминированным формам сотрудничества и качества заявленных игр с их ролями и способами самоорганизации);

– адаптивная модель (адаптивность научного знания определяет качество решения различных задач в современной педагогике как науке, популярными формами адаптивного знания являются возрастосообразность, персонификация, здоровьесбережение и пр., т.е. дидактический материал строится в соответствии с выделенным конструктом и реализации условий развития личности в детерминированной и уточненной адаптивной модели);

– рефлексивно-деятельностная модель (в структуре деятельности личности определяет составные развития через уточнение составных «хочу, могу, надо, есть», определяя все условия успешного достижения тех или иных поставленных приоритетов и целей);

– продуктивно-творческая модель (творчество и продуктивность деятельности личности подчеркивают уровень сформированности культуры самостоятельной работы студента техникума);

– научно-акмепедагогическая модель (высшей целью и способом самоактуализации личности является наука в неподдельном понимании всей генеральной совокупности продуктов эволюции антропопространства, в данной системе описания и реализации моделей деятельности культура самостоятельной работы студента техникума определяет качество достижения плоскости неподдельно нового научного знания в плоскости, определяющей все нюансы профессионально-трудовых отношений).

Все выделенные модели и механизмы формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума обеспечивают на определенной ступени развития личности персонифицированные результаты развития и сотрудничества.

Игровая модель характеризует студента техникума в успешном включении в социальное пространство, одобрение социальным пространством его достижений и способов самоактуализации, самовыражения, рефлексии, самопрезентации. Игровая модель отражает перспективы роста личности и развития общества, культуры, искусства, науки и прочих направлений самоактуализации личности. Через адаптивные и акмепедагогические ресурсы самоорганизации игровая модель может определить будущее личности, успешность решения нестандартных задач, особенности качества решения зависят от качества формирования культуры деятельности [35], культуры самостоятельной работы личности, уровня креативности, уровня адаптации личности к изменениям и условиям деятельности и пр.

Адаптивная модель раскрывает особенности достижений студента техникума в совместной деятельности с педагогом в различных направлениях поиска, в качестве примера можно привести продукты достижений студента, основы и система получения которых практически полностью зависят от педагога или администрации. Для повышения качества развития личности и успешности сотрудничества личности в коллективе можно использовать различные интерактивные технологии [36, 37], определяющие способность личности быть включенным в систему социально-образовательных отношений через призму востребованных продуктов и ресурсов самоорганизации качества развития личности и общества. Адаптивное обучение [38] в таком понимании является конструктором качественных моделей и способы оптимизации поставленной педагогом задачи.

Рефлексивно-деятельностная модель определяется через системно выделенные условия развития, примером качественного решения такого рода задач является задача моделирования портфолио обучающегося [16]. Рефлексивно-деятельностная модель формирования культуры самостоятельной работы студента техникума может быть определена и в системе прохождения студентов практики, основы единства теории и практики всех поставленных в структуре обучения студентов техникума задач являются в модели анализа и детализации ресурсом и условием реализации системно-процессуального выбора личности и механизмом самоорганизации деятельности педагога в оптимизации качества развития и саморазвития студента [39, 40].

Продуктивно-творческая модель располагает личность к неустанному поиску конкурентоспособных продуктов деятельности (это могут быть проекты, самопрезентации, выставки, гранты, патенты и пр.). В качестве успешно выделенной системы формирования культуры самостоятельной работы студента техникума можно определить очное участие в научно-практической конференции (Новокузнецкое училище (техникум) олимпийского резерва, 36 человек в 2017–2018 уч.г.). К продуктивно-творческой модели формирования культуры самостоятельной работы студента техникума можно идти двумя путями – первый путь – адаптивный, определяющий через процесс и продукты адаптации возможность продуктивного становления личности (традиционный и информационный типы постановки и решения задачи). Другим путем является уровневый или дифференцированный способ решения задачи [40], например, первым типом можно выделить игровую модель, затем рефлексивно-деятельностную модель (особенности данной модели можно повысить в качестве через использование факторного подхода [41]), а затем и сам уровень продуктивно-творческой модели формирования культуры самостоятельной работы студента техникума (традиционный способ – использование проектов, инновационный способ – использование авторского электронного образовательного ресурса [42], использование фрейм-технологий активизации творчества личности [43, 44], технологий педагогического моделирования [10, 45, 46] и пр.).

Научно-акмепедагогическая модель определяет точные, объективные достижения личности в науке в качестве высшей ступени формирования и сформированности культуры самостоятельной работы студента техникума.

Возможность проектирования и реализации научно-акмепедагогической модели формирования культуры самостоятельной работы

студента техникума – высшая ступень актуализируемой деятельности педагога.

Все выделенные модели и механизмы формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума определяют на различных уровнях потенциальные и реализуемые условия развития личности студентов техникума.

Особенности учета изменений в системе непрерывного образования и профессионально-трудовых отношений не повлияют на уточнение типов формирования культуры самостоятельной работы студента техникума, лишь только переопределют проектирование и использование выделяемых в педагогической деятельности средств, методов, приемов, принципов, форм, технологий и прочих педагогически целесообразных новообразований.

Список литературы

1. Барахович И.И. Инновационный путь развития современного образования: необходимость и неизбежность // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10557 (дата обращения: 15.05.2018).

2. Васильева Н.О. Качество образования и проблемы его оценки: теоретико-практический анализ // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10883 (дата обращения: 15.05.2018).

3. Двадненко М.В., Привалова Н.М., Двадненко И.В., Двадненко В.И., Привалов Д.М. Инновационные педагогические приемы современного образования // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9221 (дата обращения: 22.05.2018).

4. Дымолазов М.А. Об интеграции научного знания при изучении проблем образования // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15340 (дата обращения: 22.05.2018).

5. Егорова Т.П. Инновационные технологии организации исследовательской деятельности студентов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11723 (дата обращения: 15.05.2018).

6. Еремина Л.И. Формирование креативности студентов в совместной творческой деятельности // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8895 (дата обращения: 15.05.2018).

7. Князева Е.М., Юрмазова Т.А., Муратова Е.А. Использование тестовых технологий в образовательном процессе // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8833 (дата обращения: 15.05.2018).

8. Козырева О.А. Культура самостоятельной работы личности: модели и возможности формирования // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 3; URL: http://www.science-education.ru/article/view?id=26432 (дата обращения: 15.05.2018).

9. Козырева О.А. Методология формирования культуры самостоятельной работы педагога и методы ее исследования // Сибирский педагогический журнал. – 2011. – № 6. – С. 54–73.

10. Козырева О.А. Моделирование уровневой технологии обучения как средство формирования и развития культуры самостоятельной работы студентов педагогической академии // Сибирский педагогический журнал. – 2010. – № 7. – С. 192–203.

11. Козырева О.А. Продуктивность использования технологии системно-педагогического моделирования в модели формирования культуры самостоятельной работы педагога // European Social Science Journal. – 2015. – № 5. – С. 164–171.

12. Козырева О.А. Феноменологические особенности формирования культуры самостоятельной работы педагога // Вестник СГУ. – 2011. – № 2 (73). – С.109–117.

13. Козырева О.А., Гайко М.Е., Горбунова И.А., Седова К.С. Модели формирования и управления культурой самостоятельной работы педагога в условиях непрерывного профессионального образования // European Social Science Journal. – 2012. – № 8. – С. 83–90.

14. Козырева О.А., Матвеев А.А. Культура самостоятельной работы как условие развития профессиональных компетенций будущих инженеров-строителей // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2011. – № 2(4). – С. 107–113.

15. Коновалов С.В., Козырева О.А. Возможности педагогического моделирования в решении задач научного исследования // Вестник ТГПУ. – 2015. – № 12 (165). – С. 129–135.

16. Кошелев А.А., Козырева О.А. Портфолио школьника как результат формирования его культуры самостоятельной работы // European Social Science Journal. – 2011. – № 6. – С. 210–217.

17. Макарова Т.В., Кошелев А.А., Козырева О.А. Культура самостоятельной работы обучающегося: типология, модель // Омский научный вестник. – 2014. – № 3 (129). – С. 128–132.

18. Николаева А.Д. Влияние инноваций на социокультурную модернизацию образования // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1. – С. 159–162.

19. Окунева В.С. Модель формирования компетентности студентов к работе в команде в профессиональном образовании // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10345 (дата обращения: 15.05.2018).

20. Редлих С.М., Козырева О.А. Система принципов формирования культуры самостоятельной работы педагога как механизм реализации условий продуктивного педагогического взаимодействия // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2012. – № 1 (5). – С. 27–29.

21. Степанов С.В., Козырева О.А. Культура самостоятельной работы педагога как механизм формирования профессиональной компетентности, самореализации и конкурентоспособности // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2011. – № 1 (3). – С. 76–80.

22. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: адаптивное учеб. пособ. для студ. среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6-и ч. Ч. 1. Введение в педагогическую деятельность. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 52 с.

23. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: учеб. пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 1. Введение в педагогическую деятельность. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 80 с.

24. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: адаптивное учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 2. Общие основы педагогики. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 40 с.

25. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 2. Общие основы педагогики. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 76 с.

26. Судьина Л Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: адаптивное учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 3. Теория воспитания. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 32 с.

27. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 3. Теория воспитания. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 72 с.

28. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: адаптивное учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 4. Теория обучения. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 40 с.

29. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 4. Теория обучения. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 68 с.

30. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: адаптивное учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 5. Социальная педагогика. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 48 с.

31. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 5. Социальная педагогика. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 72 с.

32. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: адаптивное учеб. пособ. для студ. среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 6. Педагогика физической культуры и спорта. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 56 с.

33. Судьина Л.Н., Бойкова И.В., Горбунова И.А. Педагогика: контрольно-оценочные средства: учебное пособие для студентов среднего профессионального образования по специальности 49.02.01 – Физическая культура: в 6 ч. Ч. 6. Педагогика физической культуры и спорта. – Стерлитамак: АМИ, 2015. – 76 с.

34. Суханов П.В., Нурулин Р.Н. Структура самообразовательной деятельности студентов как педагогическая проблема // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25225 (дата обращения: 15.05.2018).

35. Сыпачева Г.Ш. Компетентностная модель подготовки будущего учителя на базе педагогического колледжа // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11334 (дата обращения: 15.05.2018).

36. Торосян В.Ф., Торосян Е.С. Интерактивные технологии в формировании познавательной самостоятельности студентов // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25823 (дата обращения: 15.05.2018).

37. Тютин Д.В. Применение процессного подхода в организации практики студентов среднего профессионального образования // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25646 (дата обращения: 15.05.2018).

38. Царев Р.Ю., Тынченко С.В., Гриценко С.Н. Адаптивное обучение с использованием ресурсов информационно-образовательной среды // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25227 (дата обращения: 15.05.2018).

39. Чупрова Л.В., Ершова О.В., Муллина Э.Р., Мишурина О.А. Инновационный образовательный процесс как основа подготовки современного специалиста // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16407 (дата обращения: 22.05.2018).

40. Шайдуллина Н.К., Торкунова Ю.В. Дифференциация учебного материала при реализации модульного подхода к обучению // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25711 (дата обращения: 15.05.2018).

41. Швачко Е.В., Гревцева Г.Я. Факторный подход как педагогическая проблема образования личности // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25936 (дата обращения: 15.05.2018).

42. Шумская С.А. Организация самостоятельной работы студентов с помощью авторского электронного образовательного ресурса // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26847 (дата обращения: 15.05.2018).

43. Щербакова Е.Е., Мухина Т.Г., Плешков А.В. Фрейм технология как условие развития креативности студентов // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25591 (дата обращения: 15.05.2018).

44. Эржан Таш. Принципы организации самостоятельной работы учащихся во внеурочное время // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24210 (дата обращения: 15.05.2018).

45. Юдин Н.Г. Моделирование совместной деятельности преподавателя и студентов на основе модернизации образовательного процесса в рамках внедрения информационных и коммуникационных технологий // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10071 (дата обращения: 22.05.2018).

46. Яковлева Е.И., Шобонов Н.А. Индивидуализация образовательного процесса в рамках модульной модели программы повышения квалификации при применении дистанционных образовательных технологий // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25546 (дата обращения: 15.05.2018).

УДК 37.037.1:378

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА КАК УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА В ВУЗЕ – ПРИНУЖДЕНИЕ ИЛИ ОСОЗНАННЫЙ ВЫБОР?

[1]Кравченко В.М., [1]Бартновская Л.А., [1]Попованова Н.А., [1,2]Казакова Г.Н., [2]Синдеева Л.В., [1]Синдеев М.М.

[1]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева», Красноярск, e-mail: kazakova_gn@kspu.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск, e-mail: lsind@mail.ru

Физическая культура как учебная дисциплина присутствует в любом учебном заведении. В условиях непрофильного вуза преподаватели зачастую сталкиваются с немотивированным студенческим контингентом, расценивающим занятия по физической культуре в качестве своеобразного принуждения, не приносящего должного удовлетворения. В статье представлены результаты опроса 336 респондентов об удовлетворенности занятиями физической культурой, проведенного среди студентов красноярских высших учебных заведений различных направлений подготовки (медицина, история, архитектура). Только 11,7% опрошенных, независимо от направления подготовки, высказали полное удовлетворение занятиями. При этом негативное отношение к дисциплине чаще высказывали девушки. Основными демотиваторами являются необходимость сдачи нормативов по дисциплине, отсутствие видимых результатов использования средств физической культуры, невозможность выбора спортивного направления в рамках образовательного процесса, а также отсутствие личного примера преподавателя, демонстрирующего эффективность занятий. При этом вне учебного процесса 24,4% юношей и 16,5% девушек регулярно занимаются физической культурой и спортом. Рационализация использования существующих средств физической культуры, их организационное воплощение и разработка новых моделей, направленных на формирование осознанной потребности в таких занятиях, возможна на основе непрерывно осуществляемого двустороннего общения преподавателя и обучающегося.

Ключевые слова: физическая культура, студенты, мотивация

PHYSICAL EDUCATION AS AN ACADEMIC SUBJECT AT THE UNIVERSITY. IS IT AN ENFORCEMENT OR CONSCIOUS CHOICE?

[1]Kravchenko V.M., [1]Bartnovskaya L.A., [1]Popovanova N.A., [1,2]Kazakova G.N., [2]Sindeeva L.V., [1]Sindeev M.M.

[1]Krasnoyarsk State Pedagogical University n.a. V.P. Astafyev, Krasnoyarsk, e-mail: kazakova_gn@kspu.ru;
[2]Krasnoyarsk State Medical University n.a. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, e-mail: lsind@mail.ru

Physical education as a course unit is a part of educational process at every educational institution. The professors in educational institutions where physical education is non-major subject face unmotivated students, who see physical education as an enforcement. The article shows results of interviewing 336 respondents about contentment on the lessons of physical culture, which was carried out between the students of Krasnoyarsk higher educational institutions of various fields of training (medicine, history, architecture). Only 11,7% of respondents, regardless their the future profession, said that they are fully satisfied with the lessons. However girls are dissatisfied with this kind of lessons more often, than boys. The most demotivating factors are necessity to pass standards, absence of visible results and personal example of the coach. Also it is the impossibility to influence on the choice of the activities. We should notice, that 24,4% of boys and 16,5% of girls do sports regularly beyond the university. The rationality in using means of the physical education, their embodiment on the lesson and development of new ones, which are directed to form realized necessity of such a lessons, can be created on the basis of two-way communication between the teacher and the student.

Keywords: physical culture, students, motivation

Физическая культура как учебная дисциплина в системе высшего образования призвана формировать гармоничную личность, способную направленно использовать разнообразные средства физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к различным видам деятельности, в том числе и профессиональной. Важную роль физическая культура играет в установке личности на здоровый образ жизни [1]. В этой связи требованиями рабочих программ по дисциплине «Физическая культура» является освоение общекультурных и общепрофессиональных компетенций, что в условиях непрофильного вуза подразумевает активную вовлеченность обучающихся в образовательный процесс, способность к коллективной деятельности, толерантности, готовность к использованию творческого потенциала, знание основ деятельности функциональных систем организма, их регуляции и саморегуляции [2].

Анализ литературы свидетельствует, что сегодня многие высшие учебные заведения в Российской Федерации обладают достаточной спортивной базой и кадровым потенциалом, позволяющим даже в непрофильных образовательных учреждениях организовать учебные занятия по самым разнообразным направлениям, таким как плавание, лыжные гонки, игровые виды спорта (футбол, волейбол, баскетбол), легкая атлетика, настольный теннис, йога, фитнес-аэробика и многое другое [3–5]. В то же время педагогическая практика показывает, что зачастую занятия по физической культуре в рамках учебного процесса в вузе не сопряжены с формированием мотивированной деятельности по саморазвитию и не приносят обучающемуся удовлетворения от процесса, направленного, прежде всего, на укрепление здоровья [6].

Осознанная потребность в физической активности относится к категории высших мотиваций, побуждающих к самоутверждению, самореализации и достижению поставленных целей [7]. На сегодняшний день занятия по физической культуре включают применение образовательных технологий, подразумевающих современное традиционное обучение (лекционно-семинарская-зачетная система) и личностно-ориентированное обучение, которое призвано повысить мотивацию обучающегося. На первых курсах высших учебных заведений проблема повышения мотивации встает наиболее остро, особенно в тех случаях, когда на смену удовлетворенным мотивам вчерашнего школьника пока не пришли новые, более зрелые мотивационные установки [8]. В связи с вышеизложенным данное исследование представляется актуальным и своевременным.

Цель исследования

Выявить причины негативного отношения обучающихся к дисциплине «Физическая культура» и рассмотреть пути повышения мотивации к занятиям по данной дисциплине.

Материалы и методы исследования

Авторами статьи была разработана анкета, включающая ряд вопросов, касающихся мотивации к занятиям физической культурой. В качестве респондентов выступили 336 студентов, обучающихся на первых курсах Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, института архитектуры и дизайна Сибирского федерального университета. Под критерии исключения из опроса попали студенты, освобожденные по состоянию здоровья от занятий по физической культуре, и лица, занимающиеся в специальной медицинской группе. Обработка анкет проводилась при помощи статистического аппарата электронных таблиц Microsoft Excel, версия 2010.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам опроса выявлено, что только 11,7% обучающихся полностью удовлетворены занятиями по физической культуре. При этом доля лиц, не имеющих претензий к данным учебным занятиям, значимо не различалась в зависимости от направления подготовки: 12,3% студентов медицинских специальностей, 11,3% студентов исторического факультета и 10,6% будущих дизайнеров архитектурной среды дали положительную характеристику дисциплины. К сожалению, подавляющее большинство респондентов (65,3%) расценивают занятия по физической культуре как тяжкую необходимость, не приносящую должного удовлетворения. Еще 23,4% студентов затруднились дать ответ на поставленный вопрос.

Девушки чаще, чем юноши, высказывали свое негативное отношение к дисциплине – среди опрошенных, считающих физическую культуру своего рода принуждением оказалось 65,9% женского пола и, соответственно, 34,1% – мужского.

Опрос показал, что мощнейшим демотиватором является отсутствие видимых результатов применения методов физической культуры. К сожалению, в юношеском возрасте, преуменьшается значимость влияния физических упражнений на общий уровень здоровья. С точки зрения психологии в данной возрастной категории более важными представляются внешние качества, такие как развитая мускулатура, отсутствие лишнего веса, пропорциональность телосложения. Однако время, отведенное на занятия физической культурой в университете (4 академических часа в неделю) явно недостаточно для достижения желаемых результатов.

При этом следует отметить, что довольно большой процент опрошенных занимаются физической культурой и спортом вне учебных занятий, хотя бы время от времени. Были выявлены некоторые различия в ответах между юношами и девушками, а также между представителями различных вузов. Результаты опроса представлены в табл. 1, 2.

На регулярные занятия указали 16,5% девушек и 24,4% юношей. У юношей направление подготовки менее связано с регулярностью внеучебных занятий физиче-

ской культурой и спортом по сравнению с девушками. Если в мужской выборке доля лиц, вообще не занимающихся спортом, колеблется от 20,5 % в среде будущих врачей до 29,4 % в среде будущих архитекторов, то среди девушек медицинских специальностей полностью пренебрегают данной стороной жизни более половины опрошенных. Доля студенток направлений «Педагогическое образование» и «Дизайн архитектурной среды», не занимающихся физкультурой помимо учебных занятий, составила 28,0 % и 37,9 % соответственно.

Из тех опрошенных, кто в повседневной жизни обходится без дополнительных физкультурно-спортивных занятий, на вопрос «Почему вне учебы Вы не занимаетесь физкультурой и спортом?» подавляющее большинство (87,4 % девушек и 76,5 % юношей) в качестве причины назвали нехватку времени ввиду существенных нагрузок по овладению профильными учебными дисциплинами. Однако 10,3 % девушек и 16,4 % юношей признались, что такие занятия требуют определенных усилий, преодоление которых просто не вызывает желания. Также регистрировались единичные ответы по типу: «Не позволяет здоровье», «С удовольствием посещал бы тренажерный зал, но нет денег на абонемент», «У меня другие увлечения, которым я отдаюсь полностью». Также следует отметить, что 87,3 % опрошенных умеют плавать, 68,4 % – кататься на коньках и 91,7 % умеют кататься на велосипеде. Более 60 % имеют дома какие-либо спортивные снаряды (велотренажер, обруч-хулахуп, скакалка, гантели и прочее). Однако из них лишь треть используют данные снаряды регулярно.

Несмотря на то, что большинство опрошенных оказались в числе незаинтересованных учебными занятиями по физической культуре, несколько неожиданной оказалась информация о численности студентов, сдававших в школе нормы комплекса ГТО. Таких респондентов было 28,1 %, по половому признаку распределенных равнозначно. С одной стороны, можно считать, что это является следствием формирующейся в обществе тенденции к здоровому образу жизни. С другой стороны, в частной беседе опрашиваемые признались, что многих из них подвигла на это возможность получить дополнительные, пусть и небольшие, баллы в качестве индивидуальных достижений при поступлении в высшие учебные заведения.

Немаловажную роль в популяризации физкультуры и спорта играют средства массовой информации. К сожалению, на региональном уровне информационная поддержка учреждений физкультуры и спорта не всегда эффективна. Это касается, прежде всего, малых организаций – спортивных клубов, тренажерных залов и т.п. У ряда студентов есть потребность в посещении таких учреждений, но информации об их местоположении, предлагаемых услугах и их стоимости явно недостаточно. На это обратили внимание студенты, приехавшие на учебу из районов Красноярского края, которые пока плохо знают инфраструктуру города. Однако, на наш взгляд, такая постановка проблемы является надуманной. В эпоху информационных технологий возможность получения любой справочной информации чрезвычайно высока и все зависит исключительно от желания человека. Также необходимо отметить, что заинтересованность спортивной жизнью в стране и мире у опрошенных студентов, несомненно, присутствует. Так, считают себя болельщиками 64,8 % респондентов. Среди наиболее популярных видов спорта названы футбол (43,5 %), хоккей (27,9 %), баскетбол (21,4 %), волейбол (18,8 %), единоборства (14,9 %). Большинство из них свой интерес удовлетворяют посредством просмотра спортивных трансляций по телевизору и посещением интернет-ресурсов по данной тематике. Небольшой процент опрошенных (3,9 %) посещают спортивные мероприятия.

Таблица 1

Регулярность внеучебных занятий физической культурой и спортом в зависимости от направления подготовки (девушки)

Занятия физкультурой и спортом вне учебных занятий	Направление подготовки		
	Медицинские специальности (лечебное дело, педиатрия)	Педагогическое образование (профиль «История и обществоведение»)	Дизайн архитектурной среды
Регулярно занимаются	12,3%	20,0%	17,2%
Время от времени	36,8%	52,0%	44,8%
Не занимаются	50,9%	28,0%	37,9%

Таблица 2

Регулярность внеучебных занятий физической культурой и спортом в зависимости от направления подготовки (юноши)

Занятия физкультурой и спортом вне учебных занятий	Направление подготовки		
	Медицинские специальности (лечебное дело, педиатрия)	Педагогическое образование (профиль «История и обществоведение»)	Дизайн архитектурной среды
Регулярно занимаются	28,2%	27,3%	17,6%
Время от времени	51,3%	48,5%	52,9%
Не занимаются	20,5%	24,2%	29,4%

Одним из самых сложных вопросов является место физической культуры в структуре учебного расписания занятий. Само по себе занятие по дисциплине подразумевает возникновение различных физиологических реакций организма, в том числе усиление деятельности потовых желез, которое с точки зрения физиологии является одним из элементов терморегуляции, направленных на охлаждение организма. Однако, с другой стороны, усиленное потоотделение не является социально одобряемым в обществе. Поэтому если нет возможности после занятий принять душ, должным образом привести себя в порядок, чтобы продолжить учебный день, то пребывание на последующих занятиях становится сопряжено с физическим дискомфортом, а потребность в занятиях физической культурой в рамках образовательного процесса резко уменьшается. Кроме того, после усиленных физических нагрузок бывает сложно быстро переключиться на деятельность, связанную с концентрацией внимания. В этой связи 29,8% опрошенных в качестве причин, по которым их не устраивают занятия по физической культуре, указали на неудобное время. Однако в условиях высшего учебного заведения далеко не всегда представляется возможным организовать расписание так, чтобы физическая культура приходилась на завершение учебного дня. Следует отметить, что среди респондентов, неудовлетворенных временем проведения занятий, не было студентов медицинского вуза, а анализ их учебного расписания показал, что у большинства групп первого курса физическая культура стоит последним занятием.

В фонд оценочных средств по физической культуре для студентов непрофильных специальностей включены некоторые контрольные нормативы, что, согласно результатам опроса, вызывает наибольшее неодобрение респондентов. У ряда опрошенных вызывает удивление, что занятия по данной дисциплине на непрофильных факультетах сопряжены с очень специфическими контрольными срезами, такими как сдача техники конькового лыжного хода или плавание определенным стилем на время. На вопрос, что следует предпринять, чтобы повысить интерес к занятиям, 69,4% студентов указали на исключение из рабочих программ контрольных нормативов.

Для формирования потребности к занятиям физической культурой, безусловно, необходим, положительный пример преподавателя. Респондентам был задан вопрос относительно критериев авторитетности преподавателей физической культуры. 87,6% опрошенных на первое место поставили внешние данные педагога. На втором месте оказалось такое качество, как отсутствие вредных привычек, на что указали 80,3% студентов. На наш взгляд, очень показательным является мнение одной из студенток: «Преподаватель, который говорит на занятии о пользе физических упражнений, а сам при этом имеет килограммов двадцать лишнего веса и страдает одышкой, очень неубедителен. Да если еще после занятий его регулярно видят с банкой пива, он рискует потерять авторитет безвозвратно». Следует отметить, что в аналогичных опросах, касающихся авторитета педагогов других специальностей, лидирующие позиции занимали иные качества, такие как спокойный характер, широкий кругозор и безупречное владение преподаваемой дисциплиной.

В качестве пожеланий по усилению мотивации 25,1% опрошенных указали на наличие возможности выбора вида спортивных занятий в рамках образовательного процесса. Такая постановка вопроса подразумевает индивидуальный подход к каждому студенту, выявление его потребностей и физических возможностей к освоению того или иного вида. Сама по себе идея индивидуализации занятий, несомненно, способна оказать влияние на переосмысление отношения молодежи к физической культуре. Но ее внедрение в условиях существующей образовательной парадигмы не представляется рациональным, так как требует серьезной структурной реорганизации учебного процесса.

На основании вышеизложенного можно констатировать, что, с точки зрения студента, пути повышения мотивации к занятиям по физической культуре представляются в следующих аспектах:

- построение более удобного расписания занятий;
- большее использование игровых видов в процессе занятия;
- формирование групп для занятий физической культурой по принципу узкой специализации;
- сведение к минимуму контрольных нормативов;
- наличие преподавателя, своим примером демонстрирующим эффективность занятий физической культурой и спортом.

Таким образом, изучение причин демотивации студенческой молодежи к занятиям физической культурой в рамках образовательных стандартов является базовым инструментом оценки рационализации применения существующих организационных форм и средств физической культуры и разработки новых моделей, направленных на формирование осознанной потребности в таких занятиях. Эффективность совершенствования мотивации возможна лишь при наличии двусторонней связи между студентами и преподавателями.

Список литературы

1. Физкультурно-спортивная среда в вузе как действенный фактор укрепления физического здоровья студентов / А.Ю. Осипов [и др.] // Проблемы современного педагогического образования. Серия: Педагогика и психология. – 2017. – № 5. – С. 148–155.

2. Кадомцева Е.М. Роль физической культуры и спорта в развитии личности студентов-медиков // Оптимизация учебно-воспитательного и тренировочного процесса в учебных заведениях. Здоровый образ жизни как фактор профилактики наркомании. – Красноярск, СибЮИ ФСКН России. – 2015. – С. 189–190.

3. Иргашева И.А. Формирование мотивации у студентов к занятиям физической культурой с использованием средств мини-футбола // Молодой ученый. – 2014. – № 18. – С. 74–76.

4. Жильцов А.Н. Учебные занятия физической культурой в плавательном бассейне, их влияние на мотивацию студентов // Студент: наука, профессия, жизнь: сб. науч. тр. – 2015. – С. 529–532.

5. Антонова И.Н. Фитнес как средство формирования мотивации студенческой молодежи к занятиям физической культурой // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. – № 10–5. – С. 8–15.

6. Коршунова О.С., Роледер Л.Н. Элективные курсы по физическому воспитанию в вузах, перспективы и возможности // Молодой ученый. – 2016. – № 23. – С. 558–560.

7. Хрущ О.И. Мотивация студентов вуза к занятиям физической культурой и спортом как компонент развития физической культуры личности. // Вестник научного общества студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2017. – № 3. – С. 145–150.

8. Макаренко В.К. Формирование мотивации к занятиям физической культурой и спортом // Известия Пензенского государственного педагогического университета. – 2008. – № 6. – С. 140–144.

УДК 378.18

ФОРМИРОВАНИЕ КОММУНИКАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ МОЛОДЕЖИ ПОСРЕДСТВОМ ВЕДЕНИЯ ДОСУГОВЫХ ВИДЕОБЛОГОВ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Мележик О.В., Ганьшина Г.В.

Московский городской педагогический университет (МГПУ), Москва, e-mail: prostolelchik@gmail.com, gv_gansina@mail.ru

В статье рассматривается роль интернет-ресурсов в формировании коммуникативной культуры молодежи. Коммуникативная культура является сложной системой, содержащей совокупность коммуникативных знаний, умений и навыков. Коммуникативная культура – составляющая общей и профессиональной культуры молодежи. Задачами коммуникативной культуры являются: создание пространства для самореализации, самовыражения молодежи, поддержка в выполнении жизненных целей, планов и задач. В коммуникативной среде молодежь получает отражение и обратную связь, на основе которой формирует и корректирует свое поведение для полноценной и гармоничной деятельности в качестве члена общества. Поэтому становится очевидной важность повышения уровня коммуникативной культуры молодежи, который формируется под воздействием разных факторов, таких как обучение, профессиональная деятельность, а также путем организации содержательного досуга. Социально-культурная деятельность обладает множеством средств, форм и методов организации свободного времени, способных эффективно решить данную задачу. В настоящее время большая часть досуга молодежи организуется в сети Интернет, что делает актуальным вопрос рассмотрения теорией социально-культурной деятельности данной области для формирования коммуникативной культуры молодежи. Для решения вышеизложенной задачи необходимо изучить особенности коммуникации в сети Интернет и ресурсов, предоставляемых глобальной сетью.

Ключевые слова: коммуникативная культура, интернет-коммуникация, интернет-дневник, блог, видеоблог, социально-культурная деятельность, интернет, молодежь

FORMING OF YOUTH COMMUNICATIVE CULTURE BY MEANING OF LEISURE VIDEO BLOGS IN THE INTERNET NETWORK

Melezhik O.V., Ganshina G.V.

Moscow City Pedagogical University (MCPU), Moscow, e-mail: prostolelchik@gmail.com, gv_gansina@mail.ru

The article examines the role of Internet resources in the formation of the communicative culture of youth. Communicative culture is a complex system, containing a set of communicative knowledge, skills and habits. Communicative culture is a part of the general and professional culture of youth. The tasks of communicative culture are to create space for self-fulfillment, self-expression of young people, support in realizing life goals, plans and tasks. Young people receive reflection in a communicative environment; it shapes and corrects their behavior to achieve full and harmonious activities as a member of society.Increasing the level of communicative culture of youth is very important. Communicative culture is formed under the influence of various factors, such as training, professional activity, and by organizing meaningful leisure. Socio-cultural activities have many means, forms and methods of organizing free time, which can effectively solve this problem. Currently, most of the leisure activities of young people are organized on the Internet, which makes it urgent to consider the theory of socio-cultural activities in this area to form a communicative culture of youth. To solve this problem, it is necessary to study the features of communication in the Internet and resources provided by the global network.

Keywords: communicative culture, Internet communication, internet diary, blog, video blog, social and cultural activities, Internet, young people

Современное общество нуждается в молодых специалистах, способных к проектированию собственной профессиональной деятельности, имеющих развитые познавательные запросы и духовные потребности и способных самостоятельно их удовлетворять. [1, с. 4]. В условиях модернизации нашего общества молодежь рассматривается как носитель новых социальных ценностей. В социально-психологическом аспекте студенты по сравнению с другими группами населения отличаются наиболее высоким образовательным уровнем, активным освоением культурных ценностей, достаточно высоким уровнем познавательной мотивации. Студенчество – центральный период становления человека, личности в целом, когда проявляются самые разные интересы и потребности [2, с. 294].

Современная информационно-техническая среда оказывает влияние на все сферы жизни молодежи – ее личную и социальную жизнь, работу и досуг. Информационно-техническая среда – общность всех видов технологий по созданию, хранению, передаче и использованию информации во всех ее формах (текстовой, числовой, графической, видеографической и др.). Социологи Д. Белл, М. Кастельс, Г.М. Маклюэн рассматривали «информационно-техническую среду» в первую очередь как средство и среду коммуникации.

С каждым годом возрастает роль информации, объем и разносторонность которой увеличивается в геометрической прогрессии, вместе с тем повышается значимость формирования коммуникативной культуры молодого поколения. Коммуникация определяет ход процессов обучения, управления и развития, обеспечивает функционирование любых систем, поэтому роль коммуникативной культуры велика для полноценной и успешной жизни молодежи. В свою очередь коммуникативная культура является неотъемлемой частью социально-культурного развития молодого поколения. Изучение методов развития коммуникативной культуры становится актуальной проблемой теории и методики социально-культурной деятельности.

Целью данного исследования является обоснование эффективности авторской программы «Блог. Видео-Арт», направленной на формирование коммуникативной культуры молодежи посредством ведения досуговых блогов в сети Интернет.

Материалы и результаты исследования, их обсуждение

Молодежь обладает большим потенциалом в сфере внедрения образовательных и профессиональных инноваций. Находясь на этапе становления и формирования структуры своей ценностной системы, молодежь особо нуждается в повышении общекультурных и профессиональных компетенций. Социокультурный статус и ценностные ориентации студенческой молодежи формируются в досуговой деятельности, которая по сравнению с досугом других возрастных групп отличается разнообразием и преобладанием активных и развлекательных форм. Наиболее актуальны творческие виды досуговых занятий, ориентированные на обеспечение прямого участия в них каждого молодого человека. Именно здесь открывается возможность использования информационных технологий, направленных на формирование ценности социального взаимодействия, социокультурного творчества, предоставляющих широкие возможности для самореализации личности [3, с. 38].

Коммуникативная культура включает в себя ряд навыков и знаний, позволяющих молодежи эффективно обмениваться информацией в социуме как в малых, так и широких диалоговых группах. Проблемы формирования коммуникативной культуры представлены в трудах отечественных педагогов и психологов: Г.М. Андреевой, А.А. Бодалева, Ф.Н. Гоноболина, И.И. Зарецкой, Н.В. Кузьминой, А.А. Лобанова, Н.А. Моревой, А.Г. Самохваловой, В.А. Сластенина, С.Д. Якушевой и др.

А.Г. Самохвалова в своих работах рассматривает коммуникативную культуру как совокупность культурообразующих компонентов:

– эмоциональной культуры;

– речевой культуры;

– когнитивной культуры [4, с. 126].

Автор видит эмоциональную культуру как систему знаний о рациональной реакции на внешнюю ситуацию и собеседника. Культура речи содержит в себе знания о доступном, грамотном и внятном донесении своей мысли и правильном восприятии информации партнеров по коммуникации. Когнитивная культура позволяет создавать речевые высказывания, способные образно и точно выражать мысли, отражающие действительность. Согласно исследованиям А.Г. Самохваловой, коммуникативная культура перенимается человеком, становясь для него ориентиром в сфере межличностных отношений, она контролирует рациональность поведения в процессе общения, успешность и эффективность диалога, уникальность самоподачи. Коммуникативная культура является опорой для самоуважения, стимулирует саморазвитие в коммуникативной сфере [4, с. 104].

Коммуникативная культура человека формируется в процессе обучения, социализации и общения. Источниками развития коммуникативной культуры личности являются:

– опыт, получаемый путем освоения народной культуры (соционормативный опыт);

– опыт межличностного общения;

– опыт, получаемый в процессе обучение языкам общения, используемым в народной культуре.

Соционормативный опыт является базовой составляющей познавательной части коммуникативной культуры. В процессе общения человеком усваиваются нормы коммуникативного поведения, являющиеся индивидуальной смесью норм общения, истоки которых уходят к разным национальным культурам. Данный процесс нередко сопровождается внутренним дискомфортом человека, поскольку его личные представления, идеи и ценности вступают в диссонанс с системой внешних норм. Конфликт может стать причиной неспособности человека использовать полученные знания в условиях реального общения, приводя к торможению активности человека в социуме, а в дальнейшем его избегания им подобных ситуаций. Внутреннее напряжение становится блоком на пути межличностного общения [5, с. 235].

Опыт общения представляет систему усвоенных норм и ценностей коммуникативной культуры, а также индивидуальный опыт, полученный в результате общения, и уникальные коммуникативные способности человека. Важной составляющей опыта общения являются процессы социализации и индивидуализации, обеспечивающие гармоничное социальное развитие человека, способность рационально реагировать на разнообразные ситуации общения. Важным этапом социализации молодежи являются студенческие годы. В этот период уровень развития коммуникативной культуры определяет положение человека в коллективе, а в некоторых случаях становится причиной его успеха или, напротив, нереализованности в дальнейшем.

Учеными была выявлена прямая зависимость между показателями сформированности коммуникативных навыков и успеваемостью студентов. Коммуникативные навыки и успеваемость студентов тесно связаны между собой: повышая уровень коммуникативной культуры, можно добиться значительных успехов в обучении студентов. В своих исследовательских работах А.В. Мудрик обосновал положительное воздействие работы по развитию коммуникативных навыков на формирование коллектива и личности, ее самопознание, самосознание, самооценку, моральные установки, стиль ее жизни. Общение оказывает значительное влияние на целеполагание и изменение окружающей среды студента [6, с. 303].

Проведенное в рамках исследовательской работы авторов в 2016 г. анкетирование студентов 1–2 курсов на базе Московского городского педагогического университета показало, что студенты, имеющие сложности в общении, робкие и неуверенные в себе, как правило неуспешны в обучении, пассивны в диалоге, редко проявляют инициативу в налаживании контактов с другими студентами. Они часто оказываются в неловких ситуациях при разговоре, с трудом выходят из конфликтных ситуаций, имеют проблемы в налаживании межличностных и деловых контактах.

Низкий уровень успеваемости студентов с неразвитыми коммуникативными навыками сопутствует занимаемой ими пассивной позиции в общении. Коммуникативно зажатые студенты подчиняются более коммуникабельным однокурсникам, что оказывает прямое влияние на их статус в коллективе. Низкий уровень коммуникативных навыков студента приводит к демотивации в процессе обучения, снижает продуктивность и отрицательно влияет на его успеваемость [7, с. 179–180].

По результатам анкетирования было установлено, что основным барьером эффективного построения коммуникативного процесса является низкий уровень развития коммуникативных навыков студентов. В студенческий период у молодежи уже сформирован определенный базис коммуникативной культуры, сформированы основные навыки общения. Однако в развитии нуждаются коммуникативные навыки, используемые в процессах:

1) осознания собственной индивидуальности;

2) планирования собственной жизни;

3) поиска профессионального самоопределения;

4) установки на осознанное построение жизни;

5) активного совершенствования и самосознания;

6) формирования мировоззрения [7, с. 181].

Коммуникативная культура является сложной системой, объединяющей множество коммуникативных знаний, умений и навыков разного порядка и характера. В свою очередь коммуникативная культура является частью общей и профессиональной культуры личности и занимает значительное место в жизни каждого человека. Коммуникативная культура создает пространство для самореализации, самовыражения молодежи, в ней она черпает вдохновение и поддержку в реализации жизненных целей, планов и задач. В коммуникативной среде молодой человек получает отражение и обратную связь, на основе которой формирует и корректирует свое поведение для полноценной и гармоничной деятельности в качестве члена общества. Становится очевидной важность повышения уровня коммуникативной культуры молодежи, которая формируется под влиянием разных факторов (обучение, профессиональная деятельность, содержательный досуг).

В настоящее время большую часть досуга молодежь проводит в сети Интернет. Социально-культурная деятельность обладает рядом средств, форм и методов организации свободного времени, способных эффективно решить задачу организации содержательного досуга. Вследствие этого становится актуальным поиск путей развития коммуникативной культуры посредством использования современных видеотехнологий и интернет-ресурсов в рамках теории и методики социально-культурной деятельности. На сегодняшний день популярность удаленного общения в сети интернет возрастает. Доступность и разнообразие форм интернет-общения сделали всемирную сеть широкомасштабным про-

странством для коммуникации. С каждым годом наблюдается смещение как рабочего, так и досугового времени в глобальную сеть. Люди обмениваются опытом, решают задачи в сфере работы, образования, социальной и личной жизни, проводят свой досуг и реализуют творческий потенциал.

В рамках социально-культурной деятельности особый интерес вызывает формирование интернет-коммуникации посредством ведения сетевого видеоблога. Сетевая коммуникация активно конкурирует с традиционными способами общения. Развитие информационных и компьютерных технологий приводит к увеличению количества форм проведения досуга путем использования сети интернет и технических устройств. Одной из форм проведения досуга в сети интернет является ведение виртуального дневника – блога. Распространение данного вида творчества стало причиной возникновения множества кружков и студий, обучающих стилям и особенностям ведения сетевого блога. Масштабы распространения ведения блогов внушительны, так как понятие «блог» возникло лишь 20 лет назад, а уже к 2004 г. слово «блог» стало первым в списке самых искомых в словаре Мерриам – Вебстера. Важно заметить, что добавлено в данный словарь оно было в 1999 г. А в 2005 г. слово блог было занесено в Академический словарь Мерриам – Вебстера (11 издание) [8, с. 48].

Слово «блог» (происходит от англ. «weblog») – дословно сетевой журнал, личный дневник, размещенный в сети Интернет. Содержание блога может иметь различный характер и широкую направленность, так как он является отражением личности или интересов автора. Блог играет роль инструмента самовыражения и самореализации, позволяет реализовывать творческий потенциал и развивать коммуникативную культуру автора. Ведение интернет-дневника, или блога, позволяет выражать личные, социальные, политические идеи и взгляды, оказывать влияние на аудиторию. Большим преимуществом интернет-общения посредством ведения блога является мобильная обратная связь, путем оставления комментариев и обсуждения между читателями и автором блога. Все записи сетевого блога хронологически упорядочены, последовательность ведется от новых записей к старым. Обратная хронологическая упорядоченность позволяет аудитории в первую очередь получать доступ к самым актуальным новостям.

Тим О'Райли в своей статье «Открывая будущее» («Inventing the Future») описывает блоги как ежедневные дневники ссылок и размышлений над этими ссылками, являющимися средством коммуникации для технической элиты. Также автор уточняет, что блоги являются в первую очередь трибуной для массового обмена информацией (интернет-коммуникативной сферой), а не усовершенствованной домашней электронной версией дневника. Блог вмещает в себя ряд коллективных ссылок, выполняет роль инструмента для построения коммуникативных связей и создания виртуальных сообществ [9, с. 15]. Коммуникация, построенная между автором блога и аудиторией, создает новую «устно-письменную систему» общения, поскольку современные технические средства и возможности, предоставляемые программным обеспечением блогов, позволяют осуществлять общение, обладающее свойствами устной и письменной речи. Обращение автора, записанное в формате видео, так же эмоционально и информативно как речь устная, но, в отличие от речи устной, зафиксировано, с возможностью повторного просмотра с любого фрагмента речи. Видеодневник дал возможность вести диалог между автором и аудиторией вне зависимости от времени просмотра записи и географической привязанности обеих сторон [10, с. 42].

Многие авторы видеоблогов (интернет-видеодневников) используют элементы интерактива в своих видео. Они обращаются к аудитории с просьбой выразить в комментариях свое мнение касательно содержания, подачи и темы видео, предлагают поделиться опытом, написать пожелания относительно следующего видео, призывают к созданию ответного видеоролика или другого творчества на обсуждаемую тему. Возникает мобильная обратная связь между автором и его аудиторией, определяющая направление дальнейшего коммуникативного процесса и корректирующая коммуникативные навыки обеих сторон диалога.

Особенность сетевой видеокоммуникации заключается в возможности редактирования видеозаписи, в качестве продукта творчества, подобно письменной речи. Видеообращение может быть переснято, подвергнуто монтажу, улучшению качества звука и цвета. Возможно добавление графики, гиперссылок, дополнительной письменной, графической, аудиальной информации в информационном боксе (строка с текстом, содержащая дополнительную информацию, как правило, расположенная под видео), ссылок на предыдущие видео или видеоресурсы, о которых идет речь в видеообращении в качестве первоисточника.

На базе Московского городского педагогического университета в период с 2016 по 2018 г. было проведено научное исследова-

ние группы молодых людей в возрасте от 18 до 25 лет. Исследование выявило позитивное воздействие применения видеотехнологий и виртуальной работы с видеороликами на формирование коммуникативной культуры молодежи. Использование видеотехнологий позволило участникам исследования увидеть целостную картину процесса коммуникации, критически и объективно оценить уровень их личной коммуникативной культуры, определить направление для дальнейшего развития навыков культуры общения.

Во внеурочное время авторами был создан кружок любительской съемки видео «Блог. Видео-Арт». Главной задачей данного эксперимента было создание условий, при которых участники смогут объективно оценить свои коммуникативные качества, увидят сильные и слабые стороны и навыки в общении. Для решения данной задачи была использована видеотехнология и задействованы ресурсы сети Интернет. Авторами была разработана программа по приобщению студенческой молодежи к любительскому видеотворчеству. Программа кружка «Блог. Видео-Арт» была адаптирована под участника, не имеющего навыков съемки и работы с видео. Деятельность «Блог. Видео-Арт» не подразумевала профессиональную аппаратуру и сложные программы для обработки видео. Курс кружка был приспособлен для любительской, непрофессиональной творческой деятельности, использовалась непрофессиональная техника (смартфоны, IPhons, непрофессиональные камеры, не требующие овладения профессиональными навыками видеосъёмки). Главная цель – не создание качественного высокопрофессионального видеоролика (хорошее качество приветствовалось, однако не было ведущим критерием оценки на обсуждениях), ведущей задачей оставалась возможность взглянуть на себя со стороны и зафиксировать результат. Также видеоформат обеспечивал наглядность при групповом разборе видеоработ, давал возможность детального разбора определенных моментов.

На первом констатирующем этапе эксперимента было проведено видеоинтервьюирование и анкетирование участников исследования, с целью выявления изначального уровня развития их коммуникативной культуры. На протяжении эксперимента работа в группе и интервьюирование участников фиксировалось на видео, это обеспечивало материал для выявления и оценки тенденций развития коммуникативной культуры независимыми экспертами.

На формирующем этапе был организован групповой просмотр видеоматериалов (авторская программа видеоматериала: короткометражные обучающие видеоролики и фильмы), содержащих информацию о формировании и развитии культуры общения, о видеосъёмке и способах обработки и монтажа видеоматериалов, с последующим обсуждением внутри исследуемой группы. Перед участниками была поставлена задача выявить и проанализировать коммуникативные навыки основных персонажей видеоматериала, а именно:

1) навык грамотного построения внешних и внутренних проявлений;

2) речевые навыки;

3) навык лаконичного построения текста сообщения;

4) навык восприятия входящей информации;

5) навык преодоления коммуникативных барьеров.

В процессе дискуссии через индивидуальное впечатление увиденного видеоматериала было составлено общее мнение. Кроме того, нам удалось сформировать у участников новое понимание процесса создания видеопродукта как творческо-коммуникативной деятельности в рамках досуга. Мы постарались передать основные знания, необходимые для съемки видео, и вовлечь участников в творческий процесс. Участникам было необходимо снять видеоролик с собственным участием на свободную тему, самостоятельно обработать его по предложенной в видеоматериалах схеме. Целью данных действий было более глубокое проникновение автора в материал видеоролика, что в дальнейшем способствовало детальному осмыслению своего коммуникативного поведения. После чего данный ролик демонстрировался и обсуждался в группе с целью определения уровня развития коммуникативных навыков автора по указанным выше критериям. Перед участниками была поставлена задача снять новый видеоролик с учетом выявленных в результате обсуждения рекомендаций. Съемка неоднократно повторялась.

Следующим этапом было переведение деятельности кружка в виртуальный формат. Авторами была создана группа в социальной сети, куда участники могли отправлять свои видеоролики. Там они обсуждались в ленте комментариев по приведенной выше схеме, проводилась работа над ошибками. Фиксированность комментариев делала замечания более наглядными. Удаленный (виртуальный) формат позволил облегчить деятельность кружка, каждый из участников мог просматривать видеоматериал в удобное для него время и вне зависимости от места его нахождения. Вир-

туальное выполнение домашнего задания участниками является прототипом ведения видеоблога, поскольку отвечает всем его требованиям. Таким образом авторами была создана искусственная платформа для ведения видеоблогов с возможностью *наблюдения* за развитием коммуникативной культуры участников исследования. Виртуальный формат проведения групповой деятельности оказался весьма продуктивным, о чем свидетельствовало качественное развитие их коммуникативных навыков.

На завершающем этапе было проведено индивидуальное видеоинтервьюирование и анкетирование с целью сопоставления исходного и конечного уровня развития коммуникативной культуры участников. Проанализирован собранный видеоматериал, подведены итоги экспериментальной работы.

Выводы

Параллельно с традиционными способами проведения свободного времени подрастающее поколение широко использует ресурсы сети Интернет для организации своего досуга. Мультимедийные ресурсы интернета обладают колоссальным потенциалом в сфере культуры и досуга. Видеообращения имеют среднюю рефлексию между устной и письменной речью. Автор не имеет возможности получения обратной связи, как при непосредственном общении, однако зрители активно комментируют видеозапись после размещения обращения в сети Интернет. Преимуществом является больший охват аудитории и ее разнообразие. Информационно насыщенная, наглядная и доступная сфера ведения блогов привлекает с каждым годом все больше молодежи. В сравнении с 1990-ми гг., когда доступ к ресурсам сети Интернет имела преимущественно информационно-техническая элита, виртуальные блоги находят все больше пользователей среди представителей разных возрастных групп и разных профессиональных направленностей. Блоги являются важным элементом современной информационной среды, который на сегодняшний день недостаточно изучен в научной сфере. Развитие технологий, направленных на грамотную и продуманную организацию досуга с использованием блогов, могло бы значительно улучшить процесс формирования коммуникативной культуры молодежи и качество проведения свободного времени.

Список литературы

1. Ганьшина Г.В. Методика преподавания специальных дисциплин: учебное пособие. – М.: МГПУ, 2017. – С. 248.

2. Бабаева Е.В. Самоуправленческие структуры студентов Москвы в системе организованного отдыха молодежи: опыт 1970–1980 гг. // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 5–1 (58–1). – С. 293–301.

3. Ганьшина Г.В., Грибкова Г.И., Умеркаева С.Ш. Диверсификация высшего образования в условиях социокультурного взаимодействия вуза и музея // Российские регионы: взгляд в будущее. – 2015. – Т. 2, № 4 (5). – С. 35–52.

4. Самохвалова А.Г. Деловое общение: секреты эффективных коммуникаций: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: «Речь», 2012. – С. 333.

5. Долгова В.И., Мельник Е.В. Эмпатия и коммуникативная компетентность // Сер. Библиотека педагога-психолога. – Челябинск: Изд-во «Атоксо», 2007. – С. 252.

6. Мудрик А.В. Социализация человека. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: «Academia», 2006. – С. 303.

7. Козак О.В. Развитие коммуникативных навыков студентов как ключевого фактора полноценной учебной деятельности // Современные тенденции развития социально-культурной деятельности и художественного образования: теория и практика. – М., 2017. – С. 177–183.

8. Merriam-Webster Online Dictionary. Спрингфилд, Массачусетс, США. 2005. http://www.webster.com [Электронный ресурс]. – URL: https://www.merriam-webster.com/dictionary/blog (дата обращения: 07.04.2018).

9. О'Райли Т. «Взгляд в будущее» // O'Reilly, Tim. Inventing the Future. – 2002. – С. 15.

10. Лутовинова О.В. Интернет как новая «устно-письменная система» коммуникации // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2008. – С. 58–65.

УДК 37.01:378

МЕТОДИКА АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ИННОВАЦИОННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

[1]Наумкин Н.И., [2]Шалабай Т.Л., [1]Ломаткина М.В.

[1]ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Саранск, e-mail: naumn@yandex.ru;

[2]Кыргызский государственный университет им. А. Раззакова, Бишкек, e-mail: shtania55@mail.ru

Описывается разработанная авторами методика выявления уровня решения проблемы формирования у студентов технических вузов компетентности в инновационной инженерной деятельности в ее целевом, концептуальном, содержательном, процессуально-технологическом и релаксационно-диагностическом компонентах, направленная на реализацию гранта РФФИ. Приведено содержание этих компонентов применительно к проведению планируемого исследования, а также описаны методы экспериментального педагогического исследования (анализ результатов деятельности, моделирование, анкетирование и тестирование, наблюдение, интервьюирование, метод рейтинга и ранговый метод, метод обобщения независимых характеристик и др.), с примерами их использования авторами в предыдущих аналогичных исследованиях. Обосновывается использование в предлагаемых исследованиях именно метода анкетирования. Приводится структура таких анкет и фрагмент анкеты для опроса студентов – участников заключительного этапа всероссийской студенческой олимпиады по агроинженерии. Для удобства реализации предложенной методики разработан алгоритм ее использования, представленный в виде таблицы с указанием последовательности действий и перечнем решаемых задач. Основные компоненты данной методики частично были использованы при проведении констатирующих этапов педагогического эксперимента, о чем свидетельствуют представленные в заключении некоторые из основных результатов. Сформулированы ожидаемые результаты предстоящих педагогических экспериментов.

Ключевые слова: методика, компетентность в инновационной инженерной деятельности, анкетирование, педагогический эксперимент, методы исследования

METHOD OF ANALYSIS OF THE STATE OF THE PROBLEM OF FORMATION IN STUDENTS OF COMPETENCE IN INNOVATIVE ENGINEERING ACTIVITIES

[1]Naumkin N.I., [2]Schalabay T.L., [1]Lomatkina M.V.

[1]National Research Mordovian State University N.P. Ogarev, Saransk, e-mail: naumn@yandex.ru;

[2]Kyrgyz State University A. Razzakov, Bishkek, e-mail: shtania55@mail.ru

The author describes the method developed by the author to identify the level of solving the problem of forming technical competence of students in engineering engineering in its target, conceptual, content, process-technological and relaxation-diagnostic components aimed at the implementation of the RFFI grant. The content of these components is described in relation to the planned study, and methods for experimental pedagogical research are described (analysis of results of activities, modeling, questioning and testing, observation, interviewing, rating method and rank method, method of generalization of independent characteristics, etc.). , with examples of their use by the author in previous similar studies. The use of the method of questioning in the proposed studies is justified. The structure of such questionnaires and a fragment of the questionnaire for the survey of students participating in the final stage of the All-Russian Student Olympiad on agroengineering are given. For the convenience of implementing the proposed methodology, an algorithm for its use is developed, presented in the form of a table with an indication of the sequence of actions and a list of tasks to be solved. The main components of this methodology were partially used in conducting the ascertaining stages of the pedagogical experiment, as indicated by their main results. Expected results of upcoming pedagogical experiments are formulated.

Keywords: methodology, competence in innovative engineering activities, questioning, pedagogical experiment, research methods

Начиная с 2000-х гг. в Мордовском государственном университете им. Н.П. Огарева проводятся исследования по проблеме подготовки студентов технических вузов к инновационной инженерной деятельности (ИИД), на основе формирования у них компетентности в ИИД. Приступая к новому этапу их развития – этапу обоснования методологического и научно-методического обеспечения такой подготовки на основе многоуровневой интеграции основных компонентов инженерного образования, реализуемого в рамках гранта РФФИ (проект 18-013-00342), в первую очередь необходимо разработать методику анализа состояния проблемы формирования у студентов компетентности в инновационной инженерной деятельности (КИИД).

Цель исследования

Таким образом, целью предлагаемой статьи является разработка методики оценки состояния проблемы формирования КИИД у студентов технических вузов. В от-

личие от существующих в педагогических исследованиях методик, анализа состояния проблемы, такая методика имеет ряд особенностей, среди которых следует выделить [1–3]:

1) специфику инновационной инженерной деятельности (ИИД);

2) область ее использования;

3) особенности обучения ИИД;

4) необходимость ее реализации;

5) необходимость обучения ИИД во всех вузах страны;

6) формулирование задач исследования по результатам реализации методики.

Материалы и методы исследования

Поскольку в статье идет речь в основном о педагогическом констатирующем эксперименте, то и использовать следует в основном экспериментальные методы, к которым относятся: анализ результатов деятельности, моделирование, анкетирование и тестирование, наблюдение, интервьюирование, метод рейтинга и ранговый метод, метод обобщения независимых характеристик и др. Большинство из них являются исследовательскими и в качестве результата их использования можно получить новые факты, сведения, информацию, выявить некоторые закономерности [3, 4]. Для обоснования использования тех или иных методов рассмотрим кратко их содержание.

Моделирование – один из наиболее универсальных и широко используемых методов научного исследования, при котором реальная ситуация (объект) заменяется идеальной с сохранением ее основных характеристик и игнорируемых второстепенных, не влияющих на изучаемое явление. В частности, подготовка студентов к ИИД на основе моделирования этой деятельности в условиях олимпиадной среды [5].

Анкетирование и тестирование – краткий, экспресс-метод, в виде ответов на перечень контрольных вопросов, реализуемый обычно в ограниченное по времени испытание, предназначенное для установления в сравниваемых величинах индивидуальных различий. *Метод рейтинга* оценки тех или иных сторон деятельности специально отобранными компетентными экспертами. Этому методу аналогичен и *метод ранговых оценок*, при котором установленные явления выстраиваются в зависимости от степени их влияния [6, 7]. Эти методы или их основные компоненты часто использовались как самим автором, так и его коллегами при проведении констатирующего этапа педагогического эксперимента (см. табл. 1 и 2).

Наблюдение – самый простой и наиболее древний способ научного исследования, заключающийся в созерцании объекта исследования, фиксирования изменений в нем, структурировании и анализе полученной информации [7, 8].

Интервьюирование предполагает личное общение исследователя с опрашиваемым, при котором он сам задает специально сформулированные вопросы по исследуемой теме и фиксирует ответы. Оно включает: разработку перечня контрольных вопросов и стратегии ведения диалога, алгоритм реализации собственно интервьюирования, анализ результатов. Характерным является использование этого метода автором [3, 9] при исследовании особенностей обучения студентов в национальных исследовательских университетах.

В основе *метода обобщения независимых характеристик* лежит анализ и обобщение информации об одном и том же факте, полученной из нескольких источников, повышая тем самым объективность выводов [7].

Из всех перечисленных методов воспользуемся методом анкетирования для удобства сопоставления будущих данных с предыдущими результатами, так как все проводимые до этого исследования были основаны на этом методе.

Результаты исследования и их обсуждение

Предлагаемая методика выявления состояния проблемы формирования КИИД, как и все традиционно используемые в педагогике, в общем виде должна включать [3, 10]: целевой, концептуальный, содержательный, процессуально-технологический и релаксационно-диагностический компоненты в их единстве и взаимодействии, с возможностью корректировки и управляемости всеми компонентами на каждом этапе ее реализации, как это показано на рисунке, а алгоритм ее реализации – в табл. 3.

Целевой компонент включает в себя цель и задачи обучения. Целью предлагаемой методики является выявление состояния проблемы формирования у студентов компетентности в инновационной инженерной деятельности в вузах РФ. Для этого необходимо решить следующие задачи:

1) разработка алгоритма реализации методики оценки состояния проблемы;

2) выбор критериев оценки анализа состояния проблемы;

3) выбор методов реализации методики;

4) разработка средств оценки состояния проблемы;

5) проведение констатирующего этапа педагогического эксперимента;

7) статистическая обработка результатов педагогического эксперимента;

8) анализ полученных результатов исследования;

9) обсуждение результатов исследования.

Таким образом, в целом алгоритм реализации методики оценки состояния проблемы формирования у студентов КИИД будет выглядеть так, как показано в табл. 3.

Концептуальный компонент отражает содержание рабочей гипотезы предлагаемых исследований, созвучной с его названием – многоуровневая интеграция обучающих процессов обеспечит эффективность успешной подготовки студентов к ИИД.

Содержательный компонент методики включает основные положения, определяющие направленность контрольно-из-

мерительных материалов (КИМ): анкет, вопросников, тестов и др. В нашем случае это будет перечень разделов таких КИМов, среди которых:

1) уровень информированности обследуемых в области инноватики;

2) уровень информированности обследуемых об ИИД;

Таблица 1

Фрагмент анкеты студента – участника олимпиады

1. Сведения о респонденте

1.1. Учебное учреждение_____

1.2. Направление обучения, курс_____

2. Основная часть

2.1. Значение изучаемых курсов для подготовки к ИИД

а) считаете ли вы необходимым изучение дисциплин, специально

☐ да ☐ - нет ☐ - не понимаю, о чем идет речь

направленных на подготовку к инновационной деятельности (Основ инновационной инженерной деятельности, инженерного творчества, интеллектуальной собственности, патентной информации и патентных исследований) студентами технических вузов?

б) если Вы изучаете подобную выше указанным дисциплину, устраивает ли Вас существующая организация занятий по ней?

☐ - в полной мере ☐ - частично ☐ - совсем не устраивает

в) если организация занятий Вас не устраивает, то чем именно?

☐ - приходится регулярно готовиться к занятиям ☐ - я в полной мере не усваиваю учебный материал ☐ - желательно использовать современные методы обучения

г) считая, что инновационная инженерная деятельность – это целенаправленный процесс анализа технического уровня, синтеза нового технического решения, разработка и создание новой техники и технологий, доведенных до вида конкурентоспособной продукции, представленной нематериальными (охранный документ на объект интеллектуального права) и материальными (овеществленный объект интеллектуального права) продуктами, присвойте порядковый номер нижеприведенным курсам в видам деятельности порядке убывания их значимости в процессе формировании у студентов компетентности в инновационной инженерной деятельности:

☐ - Естественнонаучные дисциплины (математика, физика, химия, информатика, теоретическая механика);

☐ - Общетехнические дисциплины (инженерная графика, гидравлика, теплотехника, метрология, сертификация и стандартизация и др.);

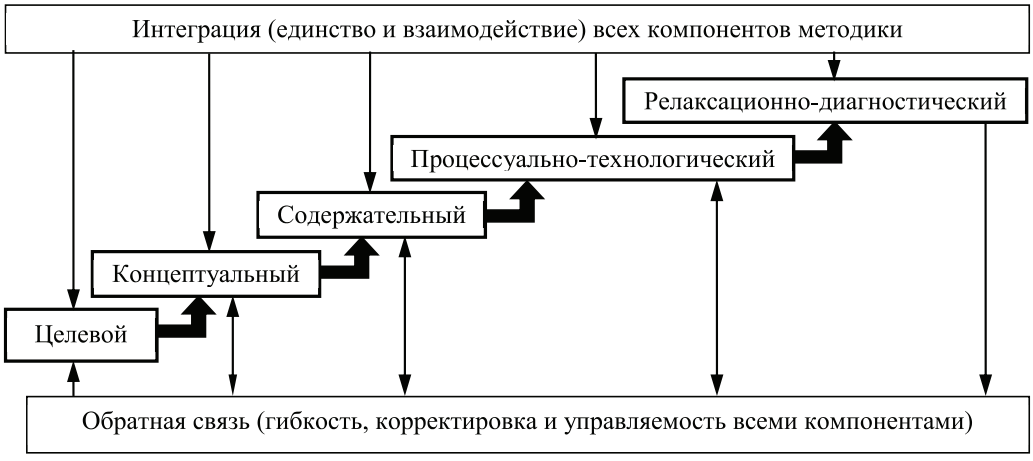
☐ - Механика (сопротивление материалов, теория механизмов и машин, детали машин и основы конструирования);

☐ - Основы инновационной инженерной деятельности;

☐ - Специальные дисциплины (тракторы и автомобили, эксплуатация МТП, ремонт машин, сельскохозяйственные машины);

☐ - Всероссийские студенческие олимпиады;

☐ - НИРС, СКБ, научные кружки и др.



Модель методики

3) уровень осознанности обследуемых в необходимости владения ИИД;

4) уровень осознанности в вузах необходимости подготовки студентов к ИИД;

5) уровень состояния в вузах подготовки к ИИД;

6) используемые методы решения в вузах задачи подготовки студентов к ИИД;

7) уровень готовности вузов к решению задачи подготовки студентов к ИИД;

8) уровень владения студентами и преподавателями ИИД;

9) наличие в вузе проводимых исследований по проблеме ИИД.

Процессуально-технологический компонент включает методы, формы и средства реализации методики, подробно описанные выше в разделе «Материалы и методы исследования».

Рефлексивно-диагностический компонент модели предполагает диагностику и самодиагностику уровня владения проблемой формирования у опрашиваемых КИИД.

Таблица 2

Фрагмент анкеты преподавателя

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕСПОНДЕНТЕ
1.1. Вуз, город_____
1.2. Преподавательский стаж – 5–10 лет – 10–20 лет – 20–30 лет – свыше 30 лет
1.3. Ученая степень_____ ученое звание_____
1.4. Основная преподаваемая дисциплина_____

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ У СТУДЕНТОВ КОМПЕТЕНТНОСТИ В ИННОВАЦИОННОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
2.1. С помощью какого метода Вы определяете уровень сформированных общекультурных и профессиональных компетенций:
а) с помощью тестирующих или контролирующих материалов;
б) возможна лишь экспертная оценка в процессе практической деятельности;
в) при выполнении индивидуальных или групповых заданий, проектов;
г) методами интеграции аттестационных баллов по различным количественным и качественным шкалам;
д) в процессе деловой игры;
е) при выполнении выпускной квалификационной работы;
ж) другое (укажите)_____.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ПЕДАГОГОВ К РОЖДЕНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯЮ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
3.1. Присутствует ли у Вас интерес к инновациям в педагогической деятельности?
а) да;
б) нет;
в) частично.
3.2. Отметьте эффективные, внешне организованные формы привлечения педагога к инновационной деятельности:
а) организация постоянно действующего научного семинара из самых актуальных проблем, над которыми работают педагоги учебного заведения;
б) стажировки педагогов при научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях;
в) педсоветы, «круглые столы», дискуссии;
г) деловые, эвристические игры с генерированием новых педагогических идей;
д) творческая деятельность педагогов в методических объединениях;
е) участие в научно-практических конференциях;
ж) обобщение собственного опыта и опыта своих коллег;
з) занятия на специальных курсах повышения квалификации;
и) самостоятельная исследовательская, творческая работа над темой, проблемой;
к) участие в коллективной экспериментально-исследовательской работе в рамках общей проблемы, над которой работают педагоги учебного заведения.
3.3. Какое место Вы отводите инновационным технологиям в своей педагогической деятельности:
а) использую их как можно чаще в своей деятельности;
б) не вижу необходимости в их использовании;
в) традиционность важнее;
г) буду использовать, если буду уверен в их эффективности;
д) предпочитаю основываться на собственном опыте обучения, разрабатываю свои методы и технологии;
е) затрудняюсь ответить.

Таблица 3

Алгоритм реализации методики исследования

№ п/п	Содержание действия	Решаемые задачи
1	Разработка контрольно-измерительных материалов в виде разноуровневых анкет (для студентов и преподавателей вузов)	Планирование результатов исследования – получение ответов на поставленные вопросы
2	Отбор участников анкетирования, по категориям	Достижение презентабельности экспериментальной выборки и гарантирование объективности данных, исключение случайностей в ответах
3	Инструктаж анкетируемых и раздача анкет	Планирование и достижение результатов исследования
4	Проведение анкетирования	Получение статистического материала исследований
5	Сбор и структуризация анкет	Обеспечение алгоритма реализации эксперимента и планируемых результатов
6	Обработка анкет	Исключение субъективных ошибок исследователей
7	Анализ полученных результатов	Статистическая обработка данных и их интерпретация
8	Выводы и рекомендации	Обоснование актуальности исследования и задач его проведения

Выводы

Необходимо отметить, что аналогичные исследования проводились нами в виде анкетирования, в период с 2010 по 2017 гг. в рамках констатирующего этапа педагогического эксперимента. В качестве обследуемых выступили: 130 слушателей ФПК, 160 преподавателей из 20 вузов РФ, свыше 500 студентов агроинженерных вузов РФ. Эти исследования были направлены на решение следующих задач [3]:

1) выявление уровня информированности студентов, аспирантов и преподавателей об ИИД;

2) выявление образовательных потребностей по повышению качества обучения;

3) выявление востребованности у обучающихся обучения ИИД;

4) выявление уровня осознанности в необходимости подготовки студентов к ИИД и др.

Полученные в ходе этих исследований результаты показали, что, несмотря на переход экономики страны на инновационный путь развития, в большинстве вузов продолжают обучать студентов поточно-урочным методом без учета потребностей страны в кадрах готовых к ИИД и у обучающихся отсутствует понимание в необходимости владения ИИД. Такие результаты подтвердили необходимость расширения области обследования обучающихся с целью не только констатации состояния уровня подготовки к ИИД, но и формирования устойчивой мотивации к овладению этой деятельностью. На что, собственно, и направлены материалы предлагаемой статьи.

Таким образом, предлагаемая методика, реализуемая в ее целевом, концептуальном, содержательном, процессуально-технологическом и релаксационно-диагностическом компонентах, позволит не только структурировать и алгоритмизировать экспериментальное исследование, но и получить, на основании статистической обработки данных, планируемые результаты ответов презентабельной экспериментальной выборки респондентов, при их объективности и отсутствии случайных неточностей в ответах, что явится основанием для проведения последующих поискового и обучающего этапов педагогического эксперимента.

Работа выполнена при поддержке проекта № 18-013-00342 Российского фонда фундаментальных исследований.

Список литературы

1. Гитман М.Б. Оценка качества подготовки научных кадров к инновационной деятельности на основе процессного подхода / М.Б. Гитман, В.Ю. Петров, С.И. Пахомов // Университетское управление: практика и анализ. – 2011. – № 2. – С. 55–63.

2. Матушкин Н.Н. Формирование компетенций на основе процессного подхода / Н.Н. Матушкин, С.И. Пахомов, И.Д. Столбова // Университетское управление: практика и анализ. – 2011. – № 1. – С. 58–63.

3. Наумкин Н.И. Подготовка студентов национальных исследовательских университетов к инновационной инженерной деятельности на основе интеграции теоретического и практического обучения этой деятельности / Н.И. Наум-

кин, Е.П. Грошева, Н.Н. Шекшаева, В.Ф. Купряшкин, Е.Н. Панюшкина. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – 140 с.

4. Наумкин Н.И. Методика обработки экспериментальных данных по оценке эффективности подготовки студентов к инновационной деятельности / Н.И. Наумкин, Е.А. Бобровская, Н.Н. Шекшаева [и др.] // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. – 2016. – Т. 16, № 1. – С. 98–102.

5. Татур Ю.Г. Как повысить объективность измерения и оценки результатов образования / Ю.Г. Татур // Высшее образование в России. – 2010. – № 5. – С. 22–31.

6. Матушкин Н.Н. Роль междисциплинарного компонента образовательных программ, реализующих компетентностную парадигму / Н.Н. Матушкин, И.Д. Столбова // Инновации в образовании. – 2010. – № 11. – С. 5–17.

7. Методы педагогических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studfiles.net/preview/1900286 (дата обращения: 14.04.2018).

8. Девисилов В.А. Инструментарий квалиметрии компетенций и диагностики знаний / В.А. Девисилов // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2011. – № 1. – С. 3–12.

9. Данилов А.Н. Оценка качества подготовки инженерных кадров к инновационной деятельности / А.Н. Данилов, Е.К. Гитман, И.Д. Столбова // Стандарт качества. – 2012. – № 8. – С. 74–78.

10. Наумкин Н.И. Особенности проектирования методики формирования инновационной компетентности на основе использования встраиваемого модуля / Н.И. Наумкин, Е.П. Грошева, Г.А. Кондратьева [и др.] // Интеграция образования. – 2016. – Т. 20, № 4 (85). – С. 493–506.

УДК 37.013:37.035.3

ТРУДОВОЕ ВОСПИТАНИЕ КАК ОСНОВА ГАРМОНИЧНОГО РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ

[1]Попович А.П., [2]Гарин Э.В.

[1]ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, e-mail: alex1957popovich@mail.ru;
[2]ФГБУН «Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН», пос. Борок, Ярославская обл., e-mail: GarinEV@mail.ru

Настоящая статья посвящена вопросам трудового воспитания детей в семье и школе, влиянию процесса развития трудовых навыков у ребёнка на формирование гармоничной личности. Рассмотрены социально-экономические и исторические причины того, что трудовое воспитание выпало из поля зрения родителей и педагогов. Обсуждается возможность применения в воспитательном процессе педагогических теорий и взглядов, высказанных учёными различных стран. Проведён анализ подходов к школьному трудовому воспитанию учёных Востока и Запада в разные периоды развития педагогической науки (Ше Ле Турно, П. Монро, К. Шмидт, Л. Морган, Г. Кершенштейнер). Показана неизбежность влияния на педагогические течения развития промышленного производства. Подчеркивается и обосновывается актуальность педагогического наследия А.С. Макаренко, А.А. Ухтомского и Л.С. Выготского. Названы современные пути решения проблематики гармоничного воспитания личности и оптимизации соотношения общественных наук и трудового воспитания. Внимание акцентируется на положительных аспектах концепции «гражданского воспитания». Рассматривается влияние трудовой школы и армии как наиболее значимых и эффективных институтов воспитания государства. Отмечены негативные последствия отказа от уроков труда, от исчезновения школьных сельхозучастков, лесничеств, производственных мастерских для трудового воспитания школьников.

Ключевые слова: трудовое воспитание, семейная педагогика, гармоничная личность, трудовые навыки, духовное и физическое развитие

LABOR EDUCATION AS THE BASIS FOR HARMONIOUS DEVELOPMENT OF PERSONALITY

[1]Popovich A.P., [2]Garin E.V.

[1]Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, e-mail: alex1957popovich@mail.ru;
[2]Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl region, e-mail: GarinEV@mail.ru

The article deals with the issues of labour education of children in the family and school, the influence of the process of the development of labor skills in the child on the formation of a harmonious personality. The possibility of application of pedagogical theories and views in educational process expressed by scientists from different countries, has been discussed. The approaches to school labor education of scientists of East and West in different periods of pedagogical science development have been analyzed. The inevitability of the influence of industry development on the pedagogical directions has been shown. The relevance of the pedagogical heritage of A.S. Makarenko and A.A. Ukhtomskii has been emphasized and explained. Modern solutions of harmonious education of a personality and optimal ratio of social sciences and labor education have been shown. The attention on positive aspects of the concept of «civic education» has been focused. The impact of labor in schools and army as the most important and effective pedagogical state institutions has been discussed.

Keywords: labor education, family pedagogy, harmonious personality, skills, spiritual and physical development

Целью исследования является изучение актуальности и роли трудового воспитания в гармоничном развитии современного человека. Трудовое воспитание детей не находится сегодня в центре внимания родителей, педагогов, работников сферы образования и профессиональной подготовки. Методами педагогического и эмпирического исследования выявлено несколько причин этого. Среди них развитие промышленности с одновременным уменьшением доли физического труда в производстве, а также причины общественно-социального и экономического характера, в частности, рост безработицы, смена идеологии. Отгремели великие стройки Магнитки, Днепрогэса, Беломорканала, нет многоголосия духовых оркестров, провожающих отряды комсомольцев на очередные трудовые подвиги. Пролетариат и крестьянство утратили свои позиции гегемонов. А вместе с ними ушёл с авансцены воспитания и гармоничного развития человека труд как воспитательный процесс. Но при смене одной общественно-экономической формации на другую в государстве не снижается потребность социума во всесторонне развитых личностях, гражданах.

Общество ничего не изобрело (и вряд ли сделает это в будущем) лучше труда во всех его проявлениях и формах, как самого эффективного средства развития психики и нравственных устоев человека. Многочисленные «центры развития детей» пред-

лагают сегодня широкий спектр услуг по развитию способностей вашего ребенка, но дети в таких заведениях, как правило, изолированы от труда. Школа пытается решить проблемы трудового воспитания школьников, ставя задачи формирования трудового сознания, воспитания трудолюбия и целеустремленности, сочетаемости умственного и физического развития детей, но без объединения усилий дуэта «семья – школа» добиться этого невозможно.

Педагогическая наука на любом этапе развития человечества всегда отвечала современным требованиям. Если вернуться в прошлое, проанализировать особенности той или иной цивилизации, мы убеждаемся, что воспитание подрастающего поколения всегда соответствовало задачам своего времени, включая и первобытнообщинный строй. Велико многообразие теорий и исследований, проведённых разными учёными. Представитель так называемой «биологической теории», французский этнограф Ше Ле Турно (1831–1902) считал, что воспитание как биологическое явление присуще всем живым организмам. А точка зрения представителя психологической теории П. Монро (1869–1947) базировалась на том, что дети подражают поведению взрослых. Религиозный подход использовал в воспитании детей немецкий педагог К. Шмидт. Трудовое воспитание как одно из основополагающих в гармоничном развитии человека занимает важное место в работах английского социолога Л. Моргана (1818–1881). При этом все учёные едины в одном: воспитание – это передача собственного опыта, накопленного старшим поколением, младшему.

Развитие производительных сил сформировало новую структуру «родового» общества – патриархат. Воспитание детей родовая община поручала опытным, специально обученным людям. С появлением первой письменности (пиктографии) господствующая группа (жрецы) делали акцент в воспитании на умственное развитие детей, отделив физический труд, в соответствии с принадлежностью учеников к тому или иному сословию. Процесс воспитания прошёл многовековые этапы развития. Педагогика как наука возникла из потребностей общества. Существующие на Западе школы афинского, спартанского воспитания, греческой культуры, монастырские, городские, отличались от «восточных». На Востоке школьной программой реализовывались такие дисциплины, как мораль, язык, политика, литература [1]. Следует подчеркнуть, что именно китайские, арабские и иранские мыслители впервые выдвинули концепцию идеального человека – не по происхождению, а по способностям к обучению, воспитанию. На Востоке особую ценность приобрело значение образования, системного обучения, всестороннего гармоничного физического и духовного развития людей.

Средневековье отличается узурпацией влияния церкви на воспитание детей. Тем не менее церковные деятели, среди которых были и передовые люди своего времени, Тартуллиан, Августин, теолог Фома Аквинский, создали трактаты по воспитанию и духовному образованию детей. Основателями педагогики как науки без преувеличения можно считать Я. А. Каменского, Герберта Ф. Дистервега. Но Великая буржуазная революция в Англии оказала большое влияние на развитие не только европейских государств, но и на страны всего мира, провозгласив свободу торговли и предпринимательства, ускорив процесс развития капитализма, формирование государственного права и демократического общества. Капиталистическое общество требовало новых членов, граждан, рабочих. Поэтому вполне закономерно, что с развитием промышленности и новых производственных отношений видоизменялся общественно-экономический строй, возникла высокая потребность в инновациях различных сфер человеческой жизнедеятельности. Педагогическая «среда» ответила на запросы быстро меняющегося общества новыми исследованиями, формированием теории воспитания, образования, подрастающего человека. Именно в этот период гуманитарная сфера человека получила новую науку – педагогику. Безусловно, педагогическая сфера требует прихода высокоинтеллектуальных личностей, передовых людей своего времени, глубоко профессиональных не только по гуманитарным дисциплинам, но и в области медицины, физиологии, биохимии. Способных анализировать проблематику социума не только сегодняшнего дня, но и спрогнозировать будущее. Одним из таких учёных, педагогом-новатором, был Георг Кершенштейнер (1854–1932). Предвидя активное развитие промышленности, осознав потребность общества в формировании и воспитании «рабочего» человека, он сосредоточил свои усилия педагога на решении этой задачи. Его усилия были успешными. Созданная им «трудовая школа» полностью отвечала требованиям того времени. Но педагог, понимая, что не только профессиональные навыки необходимы для жизнедеятельности человека, но и морально нравственный облик, стремление к внутренней и внешней гармонии, включая

и физическое развитие. Даже без учёта того, что общество делится на социальные слои, педагог обязан готовить детей к будущей трудовой деятельности, жизни, посредством обучения элементам трудовых навыков, воспитания дисциплины поведения. Учёные подтверждают, что 90 процентов детей обладают образным мышлением, а не абстрактным, что даёт основание считать – эти подростки имеют предрасположенность к ручному труду, а не умственному [2]. Создание школьных лабораторий, мастерских для приобретения практических умений и навыков не теряет актуальности и сегодня.

Различные педагогические течения и теории того периода сходились в одном мнении: только лишь труд выступает как универсальное средство приобретения опыта, формирования сообщества, воспитания гармонично развитой личности. Именно трудовая деятельность должна стать основой «социологизации» современного ребёнка для дальнейшей жизнедеятельности, наделенной следующими функциями:

– труд, как условие жизнедеятельности;

– труд, как основа создания общественного богатства;

– труд, как развитие производительных сил;

– труд, как средство развития человеческого сознания, творчества и интеллекта личности.

Следует отметить, что «трудовая школа» не охватывает период дошкольного воспитания. П.Ф. Каптерев, известный педагог, учёный, специалист в сфере дошкольного воспитания, сыгравший важную роль в разработке теории дошкольного воспитания, подчеркивал, что создание детского сада – это попытка отразить в миниатюре наше общество, нашу историю, национальный характер, способствовать развитию родного языка, включая и элементы трудового воспитания детей, как неотъемлемую часть гармоничного развития ребёнка в дошкольном возрасте. Основополагающая роль в воспитании ребёнка дошкольного возраста отводится семье.

Современная перестройка общественно-политических и экономических систем общества, наряду с позитивными факторами, принесла много негатива. Естественно, что образовательная система сегодня подвергается реформированию. Но её преобразование не должно идти через полное разрушение и отрицание положительного опыта прошлого. На основе историко-теоретического анализа педагогической системы прошлого необходимо строить образовательную систему, решающую задачи, стоящие перед современным обществом и цивилизацией в целом, прогнозировать будущее [3]. Нельзя отрицать опыт великих педагогов XX в. М. Монтессори, Г. Кершенштейнера, Дж. Дьюи и А.С. Макаренко [4], может быть, имеет смысл вернуться к более детальному изучению их наследия и применению в нашей образовательной системе. Неправильно было бы рассматривать достижения выдающихся педагогов прошлого, как представителей и идеологов трудового воспитания детей из семей низкого социального и общественного статуса, а подходить к трудовому воспитанию как к неотъемлемой части гармоничного развития человека [5]. Касаясь проблематики трудового воспитания детей, нельзя обойти вниманием исследования великого российского учёного, основателя физиологии труда А.А. Ухтомского (1875–1942). Став продолжателем И.М. Сеченова, Н.Е. Введенского, Алексей Алексеевич Ухтомский создал «принцип доминанта», в котором раскрывает все стороны педагогического процесса обучения и воспитания. Блестящий учёный, посвятивший свою жизнь изучению физиологии головного мозга, нервной деятельности, физиологических основ поведения человека, пришёл к выводу, что только активная двигательная, разнообразная деятельность, включая элементы трудового обучения, физических упражнений, освоение умений и навыков, является фундаментом развития личности.

Вызывает сомнение необходимость использования зарубежных методик и теорий, поскольку, например, педагогическое наследие А.С. Макаренко востребовано во многих странах, практически на всех континентах. Период 1990-х гг. разрушил не только саму систему образования, но и её преемственность, особенно в сфере трудового воспитания. Практически исключив уроки труда из школьной программы, мы нарушили преемственную связь передачи социально-культурных ценностей для подрастающего поколения, а также воспитания в нём трудолюбия, добросовестности, ответственности.

Тем не менее разработав и унаследовав лучшие педагогические, воспитательные, образовательные системы, сейчас страны бывшего СССР оказались в качестве поставщиков отдельных интеллектуалов в высокоразвитые экономики Европы и мира?

В своей публикации хочется еще раз обратить внимание читателей, коллег, что основой трудового воспитания служит сама человеческая природа, анатомо-физиологические основы человека и сенситивные периоды тех или иных сторон развития детей. Трудовое воспитание непосредственно

и опосредованно является основой гармоничного развития ребёнка, но сам процесс перехода из одной возрастной ступени в другую находится в компетенции профессионального педагога, учителя. Интересные исследования проводил выдающийся психолог Л.С. Выготский. Невозможно воспитание гармонично развитого, психически здорового ребёнка без трудового воспитания в семье и школе. Предложенная им возрастная периодизация развития человека имеет четыре закономерности детского развития: цикличность, неравномерность, «метаморфозы», сочетание процессов эволюции и инволюции. Единственным эффективным средством как в развитии детей, так и в минимизации негативного воздействия кризисных явлений на ребёнка является трудовое воспитание в семье и в школе [2]. Указывая на гармоничное развитие ребёнка, Л.С. Выготский как психолог отдавал предпочтение развитию речевых функций детей, но на основе активной двигательной деятельности. Обучение трудовым навыкам, точечным умениям, какие могут осваивать дети на уроках труда, наиболее эффективны, так как в данном процессе взаимодействуют мыслительные и двигательные функции ребёнка. Но эту трудовую детскую деятельность необходимо организовывать в соответствии с возрастом ребёнка (Д.Б. Эльконин). К сожалению, государство, как основной «заказчик» образовательной системы, не проявляет активности и настойчивости в своих требованиях, касающихся трудового воспитания.

Посредством труда формируется общественно-трудовая деятельность, происходит интеллектуальное развитие человека, создаются предпосылки к проявлению его способностей к коллективному труду на основе личностного, творческого процесса ребёнка. Общие закономерности развития личности состоят из воспитания социализации и самовоспитания человека. Психоэмоциональное развитие ребёнка на различных возрастных этапах формирования личности проходит посредством таких видов деятельности, как игра, учение, труд. Рассматривая роль трудовой деятельности, как комплексное всестороннее воздействие на воспитание ребёнка, необходимо отметить неотъемлемую значимость роли двигательной деятельности в оптимальном режиме для нормализации всех анатомо-физиологических процессов растущего молодого организма. Гиподинамия, проблема современной цивилизации, вносит свой негативный вклад в жизнедеятельность человека. Современные педагоги, работающие в общеобразовательной системе, недостаточно владеют компетенциями общих закономерностей развития личности. Как правило, отсутствует понимание трёхстороннего процесса формирования личности, а именно: социализации, воспитания и самовоспитания. Личность можно охарактеризовать как результат взаимовлияния внешних факторов с внутренними индивидуальностями человека, проявляемыми в его способностях, характере, психоэмоциях.

Особую роль в формировании личности играют средства труда, а также результаты трудовой деятельности. Средства, орудия труда являются плодами человеческой деятельности на основе научных, практических, теоретических достижений и исследований многих поколений. Они являются не только источником знаний об окружающем мире, но и формируют мировоззрение человека.

Важнейшим фактором является воспитание ответственности за результат как индивидуального, так и коллективного труда. Наряду с развитием ребёнка необходимо выявлять его способности. Наиболее эффективно это можно сделать посредством трудовой деятельности, с учётом его индивидуальных особенностей. Выявление способностей ребёнка дошкольного возраста можно проводить через игровую деятельность. Способности детей младшего и среднего школьного возраста можно выявлять в процессе обучения, а юношей старшего школьного возраста – посредством предварительной профессиональной трудовой подготовки. Трудовая деятельность сопровождается позитивными психоэмоциональными процессами, которые невозможно сформировать у ребёнка иными средствами и методами. Систематическая трудовая деятельность формирует адекватную оценку соответствия требованиям той или иной профессии. Именно такими сложностями и несоответствиями объясняется тот факт, что в будущем 63 % выпускников вузов Российской Федерации не работают по специальности, а ищут себя в иных сферах. Темпы современной жизни человека, безусловно, сказываются и на детях. Средства коммуникации, интернет оказывают большое влияние на развитие подрастающего поколения. Родители, подвергнувшись общественному «ажиотажу» в поисках обеспечения места под солнцем для своих «чад», практически лишая ребёнка такого этапа в жизни, который именуется «детством», готовы на любые эксперименты тьюторов, стилистов, визажистов. Проводя тестирование или используя целую батарею тестов, в раннем детском возрасте можно определить способности ребёнка в той или

иной сфере. Если, по мнению «экспертов», ребёнок наделен творческими способностями, родители практически исключают трудовое воспитание. С учётом того, что «развивающие» занятия для ребёнка платные, и такие студии-центры заинтересованы в притоке клиентов, то есть финансовых поступлениях, можно с высокой долей вероятности предположить, что практически 100% детей по итогам отбора и тестирования имеют «творческий дар», а трудовое воспитание – это «пустое времяпрепровождение» [6].

Сама учёба не возведена ли в категорию труда? Педагоги не сформировали «учёбу» как трудовую деятельность ребёнка, независимо от отношения школьника к процессу обучения и характеристики этой деятельности.

Современная школа направлена на предоставление детям знаний «чем больше, тем лучше», закладывая основы их будущей счастливой жизни. Но так ли они будут ценны для его «носителя», если общество сегодня требует от своих граждан сменить не одну профессию, а несколько, проявляя гибкость и коммуникабельность в поиске высокооплачиваемой работы. Следовательно, и в семье, до школы, родители должны попытаться воспитывать ребёнка с учётом их способностей и высоких адаптационных возможностей. Напомним, что впервые понятие «способности» в науку «о человеческой душе» ввёл Платон ещё четыре столетия до нашей эры, написав: «не все люди равно способны к одним и тем же обязанностям, потому что люди по своим способностям весьма различны; одни рождены для управления, другие – для вспомоществования, а иные – для земледелия и ремесленничества» [7]. С этих позиций трудовое воспитание, уроки труда были бы наиболее эффективным средством обучения, а также и выявления способностей ребёнка. Но, увы, школа сегодня ограждает ученика от трудового воспитания.

Проблематикой гармоничного развития личности занимаются научные коллективы, учителя-практики, педагогическая общественность. Сформировано единое мнение педагогов о необходимости сочетания в процессе воспитания ребёнка разнонаправленности дисциплин, включающих элементы интеллектуального, физического и трудового развития. Тем не менее именно трудовое воспитание является явно недооцененным в сфере педагогики. Для решения этой проблемы необходимы усилия не только педагогов, но и всей общественности. Необходимо высказать ещё одно мнение: не связана ли проблема нравственности современного общества с отсутствием трудового воспитания в образовательной системе? На наш взгляд, здесь имеет место прямая взаимосвязь. Современное образование злоупотребляет использованием словесной формы обучения, необходимо прийти к оптимизации соотношения общественных наук и трудового воспитания.

В заключительной части своей статьи о проблемах воспитания подрастающего поколения, невзирая на понижение уровня нравственности, гуманизма в обществе и многих иных негативных явлений, педагогика, система образования способны сделать многое, воспитывать для нашего общества гармонично развитое поколение, которое должно быть физически здоровым, высокоинтеллектуальным, профессионально подготовленным, наделенным морально-нравственными устоями. В этом процессе воспитания существенная роль отводится труду, в различных формах и проявлениях. Без трудового воспитания невозможно сформировать гармонично развитую личность. Трудовая деятельность видоизменяет представление о себе и окружающем мире, развивая самопознание на основе самооценки. Развитие двигательных навыков, моторики, освоение умений и навыков в процессе трудовой деятельности являются основой интеллектуального развития человека. Великие педагоги прошлого оставили наследие, которым мы должны воспользоваться в полной степени и мере. Многие критики теории Ч. Дарвина не отрицают его открытия о важнейшей роли «труда» в достижении человечеством высокого уровня развития, не исчерпав при этом своего колоссального потенциала.

Список литературы

1. Войтов А.Г. Философия. Избранное эссе / А.Г. Войтов. – М.: Издательский дом «Дашков и К°», 2010. – 654 с.

2. Выготский Л.С. Мышление и речь / Л.С. Выготский. – М.: Лабиринт, 2012. – 352 с.

3. Кулик Л.А. Семейное воспитание: учебное пособие / Л.А. Кулик. – М.: Просвещение, 2003. – 175 с.

4. Макаренко А.С. Книга для родителей: учебное пособие / А.С. Макаренко. – СПб.: Питер, 2016. – 380 с.

5. Монтессори М. Научная педагогика / М. Монтессори. – М.: Народная книга, 2017. – 960 с.

6. Лазарев А.А. Семейная педагогика: учебное пособие / А.А. Лазарев. – М.: Академия, 2005. – 314 с.

7. Платон. Государство / Платон. – М.: АСТ, серия «Философия», 2016. – 448 с.

УДК 378:658.5

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ

Рудакова Л.В., Маркелова Н.В., Соловьева В.Д.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: ceqm@guap.ru

Настоящая статья посвящена описанию способов повышения качества образовательных услуг вуза за счёт использования информационной системы управления качеством образования. Предложен подход к созданию информационной системы управления качеством образования, как единого организационно-методического комплекса. В основе создания информационной системы управления качеством образования вуза лежит разработка ее экономико-организационной модели, в которой отражены принципы построения и функционирования будущей системы. Были выделены несколько факторов, которые необходимо учитывать при разработке экономико-математической модели. Для создания информационной системы управления качеством образования в вузе необходимо определение эффективности данной системы. При расчете экономической эффективности информационной системы управления качеством образования необходимо учитывать не только экономические результаты, но и другие стороны целесообразности ее внедрения в вузе. Расчет годовой экономии от внедрения информационной системы управления качеством образования возможен путем выявления результатов от деятельности вуза, полученных на основе рационализации процесса управления и повышения качества руководства ею. Предложенный в статье подход к созданию информационной системы управления качеством образования позволит повысить эффективность функционирования вуза, позволяя создать механизмы оценки качества и востребованности образовательных услуг.

Ключевые слова: информационная система, управление качеством образования, система менеджмента качества образования, информационно-образовательная среда, эффективность

INFORMATION SYSTEM OF QUALITY MANAGEMENT OF EDUCATION IN THE UNIVERSITY

Rudakova L.V., Markelova N.V., Soloveva V.D.

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, e-mail: ceqm@guap.ru

This article is devoted to the description of ways to improve the quality of educational services of the university by using the information system of quality management education. An approach to the creation of an information system for managing the quality of education as a single organizational and methodical complex is proposed. At the heart of the creation of an information system for quality management of higher education is the development of its economic and organizational model, which reflects the principles of the construction and operation of the future system. Several factors have been identified that need to be taken into account when developing the economic-mathematical model. To create an information system for managing the quality of education in the university, it is necessary to determine the effectiveness. When calculating the economic effectiveness of the information system for managing the quality of education, it is necessary to take into account not only economic results, but also other aspects of the expediency of its implementation in the university. Calculation of the annual savings from the introduction of the information system for managing the quality of education is possible by identifying the results from the activities of the university, obtained on the basis of rationalizing the management process and improving the quality of its management. The approach proposed in the article to the creation of an information system for the management of the quality of education will make it possible to increase the effectiveness of the functioning of the university, allowing to create mechanisms for assessing the quality and relevance of educational services.

Keywords: information system, quality management of education, educational quality management system, information and educational environment, efficiency

В связи с возросшими масштабами производства, высокими темпами научно-технического прогресса, качественными изменениями в образовании и экономики неуклонно возрастает требования к качеству образования кадров. Обучение в вузах должно соответствовать федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования (далее – ФГОС ВО), быть компетентностно-направленным и сочетаться с применением обучающимися полученных знаний, умений и навыков на практике. В соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития России на период до 2020 г. важнейшая задача и одно из приоритетных направлений модернизации системы образования – модернизация самой модели управления этой системой.

Стратегическая цель государственной политики в области образования – повышение доступности качественного образования, соответствующего требованиям инновационного развития экономики, современным потребностям общества и каждого гражданина. Реализация этой цели предполагает решение ряда приоритетных задач. Одной из них является формирование

механизмов оценки качества и востребованности образовательных услуг с участием потребителей, участие в международных сопоставительных исследованиях путём создания:

– прозрачной, открытой системы информирования граждан об образовательных услугах, обеспечивающей полноту, доступность, своевременное обновление и достоверность информации;

– условий для привлечения иностранных студентов в российские образовательные учреждения;

– прозрачной, объективной системы оценки индивидуальных образовательных достижений учащихся как основы перехода к следующему уровню образования;

– механизмов участия потребителей и общественных институтов в осуществлении контроля и проведении оценки качества образования [1].

Конкуренция вузов, стремящихся удовлетворить потребности общества и государства, возникает на этапе постановки вопроса о качестве образовательных услуг. Качество образовательных услуг оценивается с помощью таких показателей, как удовлетворённость обучающихся, работодателей, а также заказчиков; конкурса при открытии приемной комиссии вуза, с учетом потребительской стоимости определенной общественной потребностью; материально-техническое оснащение; кадровое обеспечение и т.п. Борьба за предоставление высококачественных образовательных услуг невозможна без эффективной, рационально организованной информационной системы управления качеством образования (далее по тексту – ИС УКО).

ИС УКО представляет собой организационно-методический комплекс, обеспечивающий выполнение функций управления в вузе и организации методической работы на основе разработки локальных нормативных актов, внутренних аудитов, современных методов и средств обработки данных в информационно-образовательной среде. Построение ИС УКО отвечает принципам системного подхода, предполагающего комплексное решение определенного взаимосвязанного круга задач по управлению качеством образования в вузе [2]. Своевременное использование системного подхода в ИС УКО обеспечивает целенаправленное и инновационное взаимодействие следующей группы элементов: образовательной деятельности, нормативных правовых актов, организационных форм, информационной среды.

ИС УКО относится к человеко-машинным системам (рисунок). В ней центральное место занимает специалист в области менеджмента качества, который активно учавствует в изучении, анализе, разработке, регулировании и утверждении локальных нормативных актов вуза, используя для этих целей информационно-образовательную среду. При этом нужно учитывать, что информационно-образовательная среда и оборудование, как бы совершенны они ни были, остаются всего лишь помощниками при решении возникающих вопросов деятельности отдела управления качеством образования в вузе.

Благодаря внедрению ИС УКО обеспечивается:

– оперативная обработка больших объемов информации, которая может быть связана с проведением внутренних аудитов в вузе;

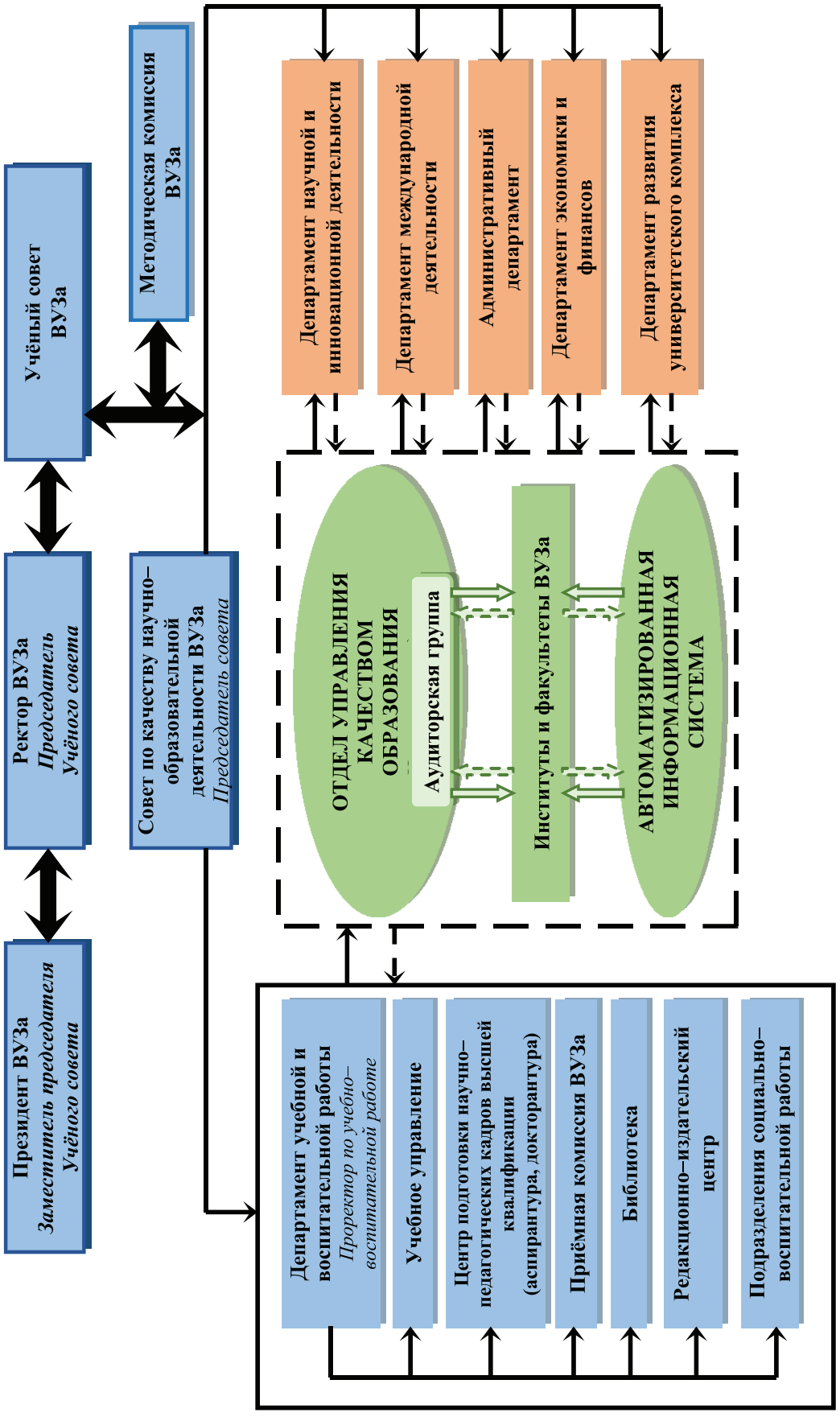
– упорядочение информационных потоков, связанных с постоянным обновлением нормативных правовых актов, и освобождение работников вуза от необходимости отслеживания и анализа обновлений данных документов;

– повышение степени полезного использования информации, которое можно получить при своевременной разработке и рассылке локальных нормативных актов в структурные подразделения вуза;

– оптимизация решений по руководству управления качеством образования вуза;

– совершенствование организационной и информационной структуры управления качеством образования в вузе.

В основе создания ИС УКО вуза лежит разработка её экономико-организационной модели, в которой отражены принципы построения и функционирования будущей системы в определённых требованиях, алгоритмах, процедурах, критериях, описаниях. Разработка рассматриваемой модели может начинаться с анализа существующей ИС УКО с целью её совершенствования. В качестве основы проведения анализа может быть выбран оперативный анализ, призванный решать разнообразные задачи. Одной из главных задач является установление достоверной оценки существующей ИС УКО вуза. При разработке экономико-организационной модели путём оперативного анализа определяются неиспользованные возможности улучшения работы вуза в области качества образования в условиях конкуренции. С помощью оперативного анализа определяются и уточняются причины неудовлетворительной работы некоторых элементов ИС УКО, а также обобщается инновационный опыт работы вузов.



Модель информационной системы управления качеством образования

Многообразные процессы, которые происходят в современном вузе, носят сложный и комплексный характер. Их отличают разветвлённые материальные и ресурсные потоки, в ходе которых выполняется огромное количество взаимосвязанных частичных процессов и операций. Осуществление этих процессов и операций сопровождается разнообразными информационными потоками. В основе оперативного анализа лежит переработка информационных потоков и выработка определённых решений. Нужно учитывать, что объёмы информационных потоков в вузе не остаются неизменными. Развитие конкурентной среды и инноваций сопровождается возрастанием определённых требований, обновлением законодательства, насыщением технической базы современным сложным лабораторным оборудованием, усложнением интерактивных и образовательных процессов и т.д. Поэтому количество циркулирующей в современном вузе информации резко увеличивается. При нехватке же или недоиспользовании информации возможны ошибки в управлении, так как в этом случае руководитель не имеет полной картины о деятельности отдельного звена или работы вуза в целом. Особенно большие объёмы информации приходится обрабатывать при решении задач, связанных с поиском наилучшего тактического манёвра, например, выбор вариантов выполнения заданий в условиях тех или иных ресурсных (временных, законодательных) ограничений. Решение этих сложных задач должно обеспечиваться не за счёт увеличения управленческого аппарата, который и так часто бывает «раздут», а путём внедрения в структуру вуза ИС УКО [3].

Процесс проведения оперативного анализа существующей информационной системы управления качеством образования можно разделить на три этапа. На первом этапе необходимо установить, какие достигнуты результаты в направлении этой работы за определённый период времени. Это можно сделать методом сравнения достигнутых результатов работы с данными за прошлый период времени или с результатами работы основных конкурирующих систем посредством первичной и вторичной информации. На втором этапе нужно выяснить причины получения имеющихся результатов работы вуза в рассматриваемом аспекте, а также оценить макроэкономические и микроэкономические риски. В процессе третьего, завершающего этапа оперативного анализа необходимо разработать предложения по совершенствованию и улучшению ИС УКО. Это могут быть мероприятия, направленные:

− на совершенствование информационно-образовательной среды;

− разработку локальных нормативных актов, соответствующих действующему законодательству;

− совершенствование предложений по усилению материальной и моральной заинтересованности работников;

− решение вопросов, связанных с изысканием дополнительных ресурсов и мер для своевременного принятия определённых решений.

При разработке экономико-организационной модели должен решаться вопрос о структуре ИС УКО, которая может состоять из определённых подсистем, выделяемых по тому или иному признаку: по функциям управления (планирование, организация, регулирования, учёт, контроль); по структурным подразделениям; по сферам деятельности подразделений. В дальнейшем разработка экономико-организационной модели должна продолжаться в рамках отдельных подсистем [4]. При этом к общим требованиям разработки можно отнести: анализ организационной структуры, анализ информационно-образовательной среды, определение цели и задач, контроль учётных показателей качества, формирование нормативно–информационной базы, определение состава и состояния технических устройств сбора и обработки информационных потоков.

При разработке рассматриваемой модели необходимо также учесть решение вопросов социального и психологического характера. Информатизация и автоматизация некоторых процессов (например, личный кабинет преподавателя) оказывает влияние на деятельность научно-педагогических работников, изменяя содержание и характер их труда. Поэтому в экономико-организационной модели должно найти отражение решение вопросов социальной и психологической подготовки коллектива для работы в новых условиях информационно-образовательной среды. К решению таких вопросов можно отнести:

− оценку изменения квалификационного и профессионального состава работников;

− организацию новых отношений в коллективе в связи с изменениями в структуре и функциях;

− профессиональную подготовку кадров к работе в новых условиях;

− разработку системы моральных и материальных стимулов, обеспечивающих активное участие коллектива в подготовке и функционировании рассматриваемой системы.

ИС УКО должна включать в себя: нормативно-информационную базу (соответству-

ющее законодательство, локальные нормативные акты), систему документооборота информационно-образовательной среды, систему внутренних аудитов и мониторинга деятельности институтов и факультетов, систему кодирования информации, систему носителей информации. К основным принципам ИС УКО можно отнести:

− оптимизацию информационных потоков путём сокращения количества, но не качества функционирующих локальных нормативных актов;

− унификацию документов в расчёте на многоцелевое использование работниками с различным уровнем подготовки;

− планомерную фиксацию каждого результата внутреннего аудита и его увязку с другими показателями деятельности вуза.

Внедрение ИС УКО предполагает выбор правильной технологии обработки информации и её «экономное» расходование. Под «экономией» в данном случае следует понимать строгое ограничение потоков информации при обеспечении её необходимой полноты и достоверности. С этой целью проводится изучение потоков и состава информации, рационализация информационных потоков и способов документирования информации. Нужно учесть, что избыточность информации часто усложняет работу коллектива и требует дополнительных усилий и затрат на её переработку. При разработке ИС УКО важно учесть перспективы развития вуза с тем, чтобы предусмотреть резервные мощности в связи с возможным увеличением объёмов обработки информационных потоков и созданием нормативно-информационной базы [5].

Определение эффективности является необходимой составной частью создания ИС УКО в вузе. Эта задача является весьма сложной и требует для своего решения правильного методологического подхода. Например, расчёт экономической эффективности ИС УКО в вузе производится на основе общих принципов, принятых в настоящее время при определении капитальных вложений и инновационной техники. Однако для выполнения этих расчётов требуется учёт ряда особенностей. Это касается, прежде всего, самого объекта расчёта эффективности. В данном случае речь идёт об оценке качественно нового явления в организационной системе вуза. По характеру и глубине своего воздействия на различные аспекты деятельности ИС УКО оказывает значительно большее влияние, чем обычная реконструкция организационного характера. С внедрением рассматриваемой системы происходят существенные изменения, как в управляющей, так и в управляемой системах вуза. Приведение организационной структуры управления вуза в соответствие с требованиями Минобрнауки России, использование ФГОС ВО, своевременное внедрение информационно-образовательной среды, совершенствование и применение инновационной вычислительной техники коренным образом изменяет порядок и повышает качество выполнения основного комплекса взаимосвязанных работ в сфере управления образовательной средой. Изменения касаются также характера и содержания труда работников вуза, которые в большей мере могут заниматься не только разнообразными видами образовательной деятельности (интерактивной, дистанционной и др.), но и научной деятельностью. Появляется возможность принципиально изменить порядок и повысить качество решения различных образовательных задач, связанных непосредственно с предоставление образовательных услуг обучающимся.

Определение экономической эффективности ИС УКО основывается на данных качественного и количественного анализа. Качественными показателями эффективности характеризуют, прежде всего, повышение производительности труда в вузе в результате внедрения ИС УКО. Сюда можно отнести: изменение структуры управления информационными потоками; повышение оперативности принимаемых решений; высвобождение рабочего времени научно-педагогических работников для других видов деятельности (например, научной); улучшение условий труда; обеспечение возможности оптимального планирования и научно обоснованного прогнозирования в управлении информацией.

При количественной оценке эффективности ИС УКО используется система экономических показателей, в том числе увеличение предоставляемых образовательных услуг, сокращение числа работников и т.д. Однако нельзя рассматривать ИС УКО исключительно как средство повышения эффективности работы вуза и лишь в зависимости от этого судить о целесообразности её создания. Многоплановость воздействия рассматриваемой системы на различные стороны образовательной, научной, хозяйственной, социальной деятельности вуза обуславливает необходимость более глубокого подхода к оценке её эффективности.

В современных условиях ИС УКО уже выступает как обязательная органическая часть структуры любого вуза, которое хочет быть конкурентным на рынке, это необходимое средство обеспечения условий его нормального функционирования. Кроме того, рассматриваемая система является

важным условием повышения информационной и образовательной культуры вуза, способствует повышению профессиональной подготовки работников, повышает роль данного вуза в системе образовательной отрасли народного хозяйства в целом.

Таким образом, при расчёте экономической эффективности ИС УКО должны учитываться не только экономические результаты, но и другие стороны целесообразности её внедрения в вузе. Что касается экономического обоснования рассматриваемой системы с помощью количественных показателей, то оно имеет особое значение при выборе тех или иных конкретных решений, связанных с её применением, в том числе по составу технических средств, очерёдности этапов внедрения системы, содержанию решаемых задач, глубине организационной и информационной перестройки структуры вуза, составу информационного и кадрового обеспечения и т.д.

Годовая экономия от внедрения ИС УКО рассчитывается путём выявления результатов от деятельности вуза, полученных на основе рационализации процесса управления и повышения качества руководства ею. Так, совершенствование нормативно-информационной базы при создании ИС УКО позволяет своевременно разрабатывать и доводить до работников локальные нормативные акты, регламентирующие образовательную деятельность вуза. Сокращение сроков прохождения информации от источников ее возникновения (Минобрнауки России) до потребителя (научно-педагогические работники, обучающиеся) обеспечивает гибкость и оперативность руководства вузом в целом и его подразделениями. А также позволяет своевременно устранять возникающие диспропорции и отклонения от нормального образовательного процесса, помогать оперативно, перемещать и использовать по мере необходимости ограниченные ресурсы, обходиться меньшим количеством средств.

В связи с вышеописанным материалом можно сказать, что быстрое развитие информационно-образовательной среды, усложнение организационных связей внутри и вне вуза, расширение спектра образовательных услуг, внедрение новых нормативных правовых актов и проектов в сфере образования требует более резкого усиления способности перерабатывать огромные объёмы информации. В этих целях внедрение ИС УКО в каждый вуз является необходимым условием его эффективного функционирования, поскольку только в этом случае возможно создание механизмов оценки качества и востребованности образовательных услуг.

Список литературы

1. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (вместе с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года») : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 № 1662–р (ред. от 10.02.2017) // Собрание законодательства. – 2008. – № 47. – Ст. 5489.

2. Двадненко М.В., Двадненко И.В., Двадненко В.И. Роль информационных систем в управлении качеством // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 4. – С. 138–139.

3. Беленко Т.В., Беленко В.А. Педагогический дизайн в информационно-образовательной среде вуза (на примере ФГАОУ ВПО НИУ БЕЛГУ) // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 3–2. – С. 311–316.

4. Андриевская Ю.А., Назаренко Н.В., Самохвалова С.Г. Информационная система мониторинга качества образовательных услуг в вузе // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2011. – № 53. – С. 57–63.

5. Пьянзина Е.П. Информационные технологии в системах управления качеством образования – современные тенденции развития // Россия между модернизацией и архаизацией: 1917–2017 гг.: материалы Всерос. научн.-практ. конф. (Екатеринбург, 11–12 апр. 2017 г.). – Екатеринбург, 2017. – С. 311–315.

УДК 796.011.3:[378.146+376.3]

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТУДЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ СЛУХА В ПРОЦЕССЕ АДАПТИВНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ В ВУЗЕ

Рябцев С.М., Гончарова М.С.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Министерства образования и науки РФ, Новосибирск, e-mail: ounce2014@gmail.com, prep_goncharova@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы формирования специальных медицинских групп для дифференцированного подхода в организации занятий по дисциплине «Физическая культура и спорт» с возможностью оценивания уровня физического развития и подготовленности студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья. Введение инклюзивного обучения выявило предпосылки к формированию специальной медицинской группы «В» для студентов-инвалидов. Для оценки физического развития и уровня физической подготовленности студентов-инвалидов с нарушениями слуха по дисциплине «Физическая культура и спорт», отнесенных к специальной медицинской группе «В», разработан алгоритм определения контрольных тестов и корректировочного коэффициента по определению оценочных показателей контрольных испытаний при распределении студентов в группы по категориям с учетом степени поражения – высокая, средняя и низкая. Разделение студентов с инвалидностью по слуху на группы с целью оценивания развития основных физических качеств и способностей, предлагаемые в статье испытания (тесты) с набором определенного количества баллов позволят оценить уровень физического развития, динамику коррекционных изменений и физическую подготовленность. На основе результатов оценочных тестов тьютор-преподаватель по адаптивной физической культуре разрабатывает для студента-инвалида по слуху индивидуальную программу коррекции и развития физических качеств, отвечающую требованиям профессионального стандарта, с дальнейшей реализацией на учебных занятиях по физической культуре, способствующую готовности к профессиональной деятельности.

Ключевые слова: инклюзивное обучение, профессиональное образование, студенты-инвалиды, адаптированная программа, адаптивное физическое воспитание, студенты с нарушением слуха, физическое развитие, оценка физической подготовленности, специальная медицинская группа, нормативы (тесты) для инвалидов, ВФСК ГТО для инвалидов

PHYSICAL FITNESS EVALUATION OF HEARING-IMPAIRED STUDENTS IN THE PROCESS OF ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION IN THE HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Ryabtsev S.M., Goncharova M.S.

Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, e-mail: ounce2014@gmail.com, prep_goncharova@mail.ru

The article deals with the issues of forming special medical groups for a differentiated approach to the organization of classes in Physical Culture and Sport so as to provide the possibility of physical fitness evaluation of students with impaired health status. The integration of inclusive education has elicited the prerequisites for the formation of the special medical group «B» for disabled students. The algorithm for determining tests and corrective coefficient to define the evaluation indicators of tests, taking into account the distribution of students in the groups according to the degree of disability – high, medium and low to evaluate the level of physical fitness of disabled hearing-impaired students who are related to the special medical group «B» for Physical Culture and Sports. The division of disabled hearing-impaired students into groups, in order to evaluate the development of the basic physical qualities and abilities, and standards (tests) requiring a certain number of points as presented in the article will allow to evaluate the level of physical development, the dynamics of correctional changes and physical fitness. Based on the results of the evaluation tests, a tutor-teacher in adaptive physical culture will work out an individual program of correction and development of physical qualities for a disabled student. The program will meet the requirements of the occupational standards and its further mastering during the classes in Physical Culture and Sport will facilitate the readiness for professional activities.

Keywords: inclusive education, vocational education, disabled students, adaptive program, adaptive physical education, hearing-impaired students, physical fitness evaluation, special medical group, standards (tests) for the disabled, All-Russian physical education and sport complex «Ready for Labour and Defence» for disabled people

С принятием в России федеральных законов о ратификации Конвенции о правах инвалидов, об образовании и социальной защите инвалидов наблюдается положительная динамика отношения государства и общества к инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) [1–3]. В системе профессионального обучения реализуется инклюзивное образование, создаются условия безбарьерной среды, разрабатываются адаптированные программы, помогающие студентам с ОВЗ адаптироваться к условиям обучения. Большое место в учебных программах занимает курс на поддержку физического здоровья студентов-инвалидов, включающий, наряду с медицинским обслуживанием, психологическим сопровождением, активное их участие в занятиях адаптивной физической культурой.

Повышение уровня здоровья, физического развития и физической подготовленности и, как следствие, формирование профессиональной готовности к будущей профессии возможно через реализацию дисциплин (модулей) по физической культуре и спорту, являющихся обязательными для освоения всеми обучающимися в объеме не менее 2 зачетных единиц (з.е.) в рамках блока 1 «Дисциплины (модули)» и не менее 328 академических часов, в рамках элективных дисциплин (модулей) [4]. Для студентов с инвалидностью и с ОВЗ устанавливается особый порядок освоения дисциплин (модулей) по физической культуре и спорту, с учетом состояния их здоровья, и рекомендуется проводить в форме адаптивного физического воспитания, направленного на развитие двигательных способностей, приобретение необходимых знаний, умений, навыков и понимании необходимости систематических занятий физическими упражнениями, что служит основой для повышения уверенности в себе, самооценки, формирования положительной мотивации к здоровому образу жизни, готовности к будущей профессиональной деятельности [5].

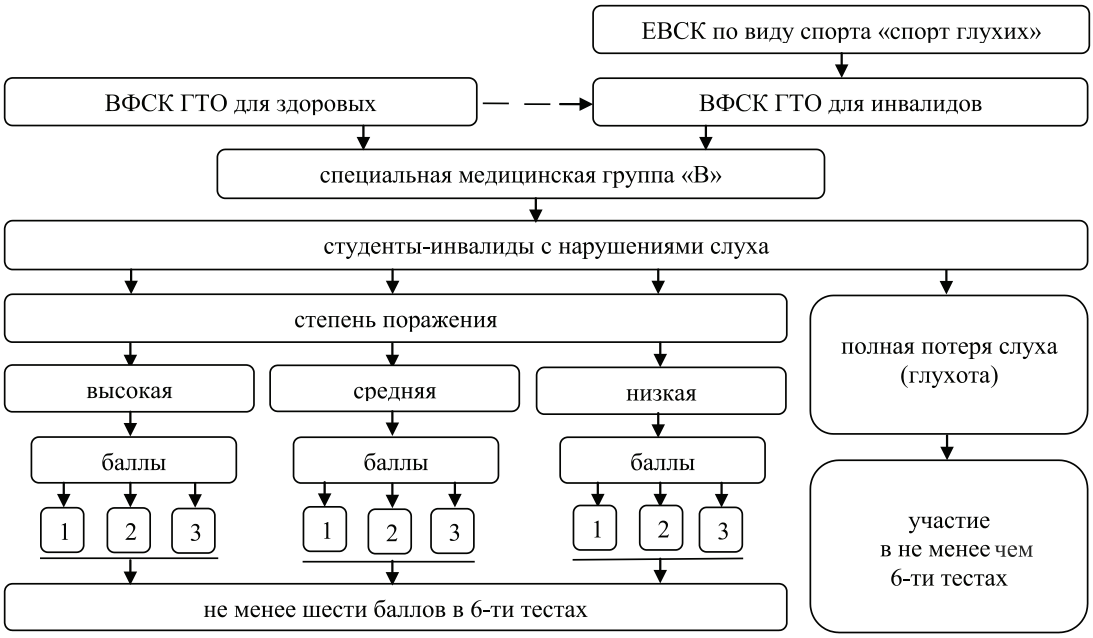
В целях дифференцированного подхода к организации адаптивных занятий студенты, имеющие отклонения в состоянии здоровья, должны зачисляться в специальное учебное отделение и распределяться по специальным медицинским группам «А», «Б» или в группу ЛФК. Организация инклюзивного обучения по дисциплине «Физическая культура и спорт» для студентов-инвалидов выявила необходимость в формировании специальной медицинской группы «В». К данной группе необходимо относить студентов, имеющих стойкие расстройства функций организма человека, обусловленные заболеваниями, последствиями травм или дефектами со II, III либо IV степенью выраженности; а по категориям жизнедеятельности человека в «способности к обучению» с I и II степенью выраженности ограничений, определяемые с учетом заключения психолого-медико-педагогической комиссии [6].

Студенты, имеющие нарушения слуха, распределяются на следующие категории по группам: глухие и слабослышащие. К категории глухих относятся лица со стойким двусторонним нарушением слуха, при котором при врожденной или рано возникшей (до овладения речью в 3 года) глухоте естественный ход развития словесной речи оказывается невозможным. К категории слабослышащих относятся лица со снижением способности обнаруживать и понимать звуки, при сохранении минимальной возможности самостоятельного формирования словесной речи. Образовательный процесс для данной категории студентов рекомендуется осуществлять с учетом имеющихся у них характерных типичных нарушений: нарушение функций вестибулярного аппарата; задержка моторного и психического развития; нарушение речи, памяти, внимания, мышления, общения; нарушения равновесия, ритмичности, точности движений (особенно мелкой моторики), реагирующей способности, пространственно-временной ориентации; дисгармоничность физического развития, нарушение осанки; заболевания дыхательной системы, вегетативно-соматические расстройства [7].

Физическое развитие для данной категории студентов должно формироваться согласно разработанным адаптированным программам, в том числе индивидуальным, учитывая нозологическое нарушение, степень поражения, наличие сопутствующих заболеваний и вторичных нарушений, время возникновения болезни. При этом дополнительно учитываются рекомендации медико-социальной экспертизы, отраженные в индивидуальной программе реабилитации и абилитации (ИПРА) [8, 9]. Применение ИПРА позволяет использовать средства физической культуры как продолжение реабилитационных условий учебного процесса дисциплины «Физическая культура и спорт».

Оценить запланированные в образовательной программе результаты обучения по дисциплине «Физическая культура и спорт» и развитие физических качеств позволяют фонды оценочных средств, адаптированные для данной категории обучающихся. Форма проведения контроля устанавливается в форме тестирования и выполнения контрольных нормативов, предлагаемых для студентов специальной медицинской группы «В», с учетом нозологических характеристик, индивидуальных психофизических особенностей и физических качеств.

Проведенный анализ разработанных вузами рабочих программ по дисциплине «Физическая культура и спорт» показал отсутствие оценочных критериев по предлагаемым контрольным испытаниям уровня физической подготовленности для студентов-инвалидов специальных медицинских групп. Для определения нормативов, диагностирующих уровень физической подготовленности студентов-инвалидов и возможности проследить динамику развития их физических качеств и физического состояния авторами был разработан алгоритм определения контрольных тестов и требований для студентов специальной медицинской группы «В» (рисунок).



Алгоритм оценивания контрольных испытаний (тестов) в баллах для студентов специальной медицинской группы «В» с нарушениями слуха

Теоретическое обоснование нашего исследования по оценке физического состояния студентов-инвалидов предполагало изучение материалов, связанных со спортивной, оздоровительной направленностью применения физических упражнений на основании Единой всероссийской спортивной классификации (ЕВСК) по виду спорта «спорт глухих» (2017 г.), методических рекомендаций по установлению государственных требований к уровню физической подготовленности инвалидов при выполнении нормативов Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса (ВФСК ГТО для инвалидов) (2016 г.) и анализом рабочих программ по дисциплине «Физическая культура и спорт» для студентов, отнесенных к специальной медицинской группе «А» и «Б». Все имеющиеся заболевания органов слуха по медицинской классификации болезней десятого пересмотра (МКБ-10), с учетом Международной классификации функционирования (МКФ) по степени поражения были распределены на 3 группы: высокую, среднюю и низкую, которые учитывались при формировании учебных групп студентов специальной медицинской группы «В».

Для определения перечня контрольных нормативов физической подготовленности студентов-инвалидов по дисциплине «Физическая культура и спорт» мы проанализировали разработанные испытания ВФСК ГТО для здоровых людей и для инвалидов, обязательные и примерные контрольные тесты для оценки физической подготовленности студентов основной и специальной медицинской группы, рекомендуемые рабочими программами по дисциплине «Физическая культура», показатели ЕВСК по спортивным и юношеским разрядам для спортсменов-инвалидов («спорт глухих»), входящих в число нормативов ВФСК ГТО для инвалидов. Нами изучались показатели VI-й ступени ВФСК ГТО для инвалидов (возрастная группа от 18 до 24 лет), так как средний возраст обучающихся студентов соответствует данной возрастной группе.

Сопоставление данных нормативов ВФСК ГТО для здоровых лиц и для инвалидов, построение зависимостей уровня физической подготовленности здоровых лиц и инвалидов для золотого, серебряного и бронзового знака отличия комплекса ВФСК ГТО VI ступени позволили определить количественные показатели разницы между значениями ВФСК ГТО VI ступени для здоровых людей и инвалидов.

В определении корректировочного коэффициента при разработке контрольных нормативов физической подготовленности студентов с инвалидностью, занимающихся в специальной медицинской группе «В» по дисциплине «Физическая культура и спорт» применялась экстраполяция функции, отображающая зависимость уровня золотого, серебряного и бронзового знака отличия ВФСК ГТО VI ступени здоровых людей за

пределы аналогичного уровня знаков отличия ВФСК ГТО для инвалидов, то есть в зону предполагаемых нормативов физической подготовленности. Алгоритм определения корректировочного коэффициента позволил разработать оценочные показатели нормативов физической подготовленности по степеням поражения для студентов с нарушениями слуха. Полученные таким образом корректировочные коэффициенты могут быть использованы в дальнейшей работе по определению дополнительных испытаний для студентов-инвалидов, беря за основу испытания ВФСК ГТО для инвалидов. При этом сохраняется гарантированная оценка развития физических качеств студентов-инвалидов, занимающихся в специальной медицинской группе «В».

Таблица 1

Перечень контрольных нормативов по оценке физической подготовленности студентов специальной медицинской группы «В» с нарушением слуха

Наименование физического качества	№	Контрольные тесты (испытания)	Критерии оценивания по степени поражения								
			высокая			средняя			низкая		
			1 балл	2 балла	3 балла	1 балл	2 балла	3 балла	1 балл	2 балла	3 балла
Быстрота	1	Бег 30 м (с)	5,2	5,1	4,7	5,1	5,0	4,6	5,0	4,9	4,5
	2	Бег 60 м (с)	9,1	9,0	8,5	9,0	8,9	8,4	8,9	8,8	8,3
	3	Бег 100 м (с)	14,8	14,4	13,9	14,4	13,8	13,3	13,8	13,4	13,0
Выносливость	4	Бег 3 км (мин, с)	15,30	15,00	15,40	15,00	14,20	13,10	14,50	14,20	13,00
	5	Кросс (бег по пересеченной местности) (без учета времени) (км)	2,5	3	4	3	4	5	3	4	5
	6	Бег на лыжах на 5 км (мин, с)	28,00	27,20	25,20	27,20	26,40	24,15	26,40	26,00	24,00
	7	Плавание без учета времени (м)	40	50	75	40	50	75	40	50	75
Сила	8	Подтягивание из виса на высокой перекладине (количество раз)	7	9	12	8	10	13	9	11	14
	9	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу (количество раз)	17	22	29	22	27	35	27	32	39
	10	Рывок гири 16 кг (количество раз)	10	14	26	14	18	30	18	22	34
Гибкость	11	Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)	4	6	10	6	8	12	8	10	14
Скоростно-силовые качества	12	Прыжок в длину с разбега (см)	330	340	400	340	350	410	350	360	420
	13	Прыжок в длину с места толчком двумя ногами (см)	180	190	200	200	210	220	220	225	230
	14	Метание мяча весом 150 г (м)	30	32	40	32	36	44	36	38	46
	15	Поднимание туловища из положения лежа на спине (количество раз в 1 мин)	30	35	42	35	40	48	40	45	52
Координационные способности	16	Метание теннисного мяча в цель, дистанция 6 м (количество попаданий, % от максимума)	8/60	10/75	12/80	12/60	15/75	16/80	16/60	18/75	20/80

Таблица 2

Перечень контрольных нормативов по оценке физической подготовленности студенток специальной медицинской группы «В» с нарушением слуха

Наименование физического качества	№	Контрольные тесты (испытания)	Критерии оценивания по степени поражения								
			высокая			средняя			низкая		
			1 балл	2 балла	3 балла	1 балл	2 балла	3 балла	1 балл	2 балла	3 балла
Быстрота	1	Бег 30 м (с)	5,9	6,0	6,5	6,0	5,9	5,4	5,9	5,8	5,3
	2	Бег 60 м (с)	10,9	10,6	10,2	10,6	10,3	9,9	10,3	10,0	9,7
	3	Бег 100 м (с)	18,2	18,0	17,2	18,0	17,8	17,0	17,8	17,6	16,8
Выносливость	4	Бег 2 км (мин, с)	13,55	13,25	12,25	13,25	12,55	11,55	12,55	12,25	11,25
	5	Кросс (бег по пересеченной местности) (без учета времени) (км)	1,8	2,0	2,5	2	2,5	3	2	2,5	3
	6	Бег на лыжах на 3 км (мин, с)	22,05	21,10	20,10	21,10	20,15	18,55	20,15	19,30	18,20
	7	Плавание без учета времени (м)	40	50	75	40	50	75	40	50	75
Сила	8	Сгибание и разгибание рук в упоре лежа на полу (количество раз)	16	18	28	18	20	30	20	22	32
Гибкость	9	Наклон вперед из положения сидя с прямыми ногами (см)	6	8	13	8	10	15	10	12	17
Скоростно-силовые качества	10	Прыжок в длину с разбега (см)	240	250	280	250	270	300	270	280	310
	11	Прыжок в длину с места толчком двумя ногами (см)	148	160	178	160	172	190	172	184	195
	12	Метание мяча весом 150 г (м)	22	24	32	24	28	36	28	32	40
	13	Поднимание туловища из положения лежа на спине (количество раз в 1 мин)	26	30	38	30	34	42	34	38	46
Координационные способности	14	Метание теннисноного мяча в цель, дистанция 6 м (количество попаданий, % от максимума)	9/40	11/70	12/80	12/40	14/70	15/80	15/40	17/70	18/80

Для каждого оцениваемого показателя физической подготовленности студентов-инвалидов нами были разработаны оценочные шкалы с использованием критериально-ориентированного подхода и с применением понижающих корректировочных коэффициентов, величины которых обусловлены влиянием основного заболевания, с учетом степени поражения и гендерных отличий (табл. 1, 2). К группе с высокой степенью поражения слуха мы отнесли обучающихся студентов с IV степенью тугоухости, характеризующуюся практически полным отсутствием слуха, со способностью воспринимать звуки от 71 до 90 дБ; к группе со средней степенью поражения – студентов с III степенью тугоухости, при которой обучающийся с трудом различает звуки от 56 до 70 дБ; к группе с низкой степенью поражения относились студенты со II степенью тугоухости, с возможностью различать громкие звуки от 41 до 55 дБ [10].

Таким образом, все предлагаемые контрольные испытания (тесты) были объединены по группам оцениваемых основных физических качеств: быстроты, выносли-

вости, силы, гибкости, скоростно-силовых и координационных способностей, что позволяет оценить уровень физического развития, динамику коррекционных изменений, физическую подготовленность студента-инвалида по слуху и в дальнейшем помочь ему в воспитании профессионально-прикладных качеств. Количество тестов, предлагаемых к выполнению, подбирались с учетом нозологии, учитывалась сложность выполнения двигательного действия, и составило для девушек с нарушением слуха 14 испытаний, у юношей – 16 испытаний (табл. 3).

Таблица 3

Количество испытаний по оценке уровня физической подготовленности студентов (юноши, девушки) специальной медицинской группы «В» с нарушениями слуха

Количество испытаний	Студенты с нарушениями слуха	
	юноши	девушки
Общее количество испытаний	16	14
Количество испытаний, которые необходимо выполнить для получения зачета по оценке физической подготовленности	6	6

Основным условием оценивания физической подготовленности студентов с инвалидностью по слуху является выполнение не менее 6-ти контрольных нормативов, результаты которых переводятся в соответствующие баллы (не менее 6-ти баллов). Такое количество тестов позволяет оценить уровень развития основных физических качеств студентов с инвалидностью и предоставляет им возможность отдать предпочтение испытаниям (тестам), которые соответствуют физическим возможностям. Для глухих студентов, рекомендуется участие не менее чем в 6-ти контрольных испытаниях, без учета результатов. В случае невозможности студентом-инвалидом выполнить рекомендуемые тесты и оценить развитие физических качеств, в силу своего заболевания, рекомендуется помощь тьютора-преподавателя по адаптивной физической культуре в выборе доступных для студента испытаний.

Предлагаемые разработанные нормативы позволяют оценить уровень физического развития и физической подготовленности студента-инвалида с нарушениями слуха и на основе полученных данных разработать индивидуальную программу коррекции и развития физических качеств, с дальнейшей реализацией на учебных занятиях по физической культуре, способствующую готовности к профессиональной деятельности и отвечающую требованиям профессионального стандарта.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273 (ред. от 07.03.2018) // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 05.04.2018).

2. Федеральный закон от 24.11.1995 № 181-ФЗ (ред. от 07.03.2018) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_8559 (дата обращения: 05.04.2018).

3. Федеральный закон от 03.05.2012 № 46-ФЗ «О ратификации Конвенции о правах инвалидов» // Российская газета. – 2012. – № 100 (05.05.2012).

4. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования. – URL: http://fgosvo.ru (дата обращения: 05.04.2018).

5. Рябцев С.М. Здоровьесберегающие (адаптивные) технологии обучения студентов с инвалидностью и ограниченных возможностей здоровья с нарушениями слуха и зрения: учебно-методическое пособие / С.М. Рябцев. – Новосиб. гос. пед. у-т. – Новосибирск: ИД «А – СИБ», 2017. – 112 с.

6. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 17.12.2015 № 1024н (ред. от 05.07.2016) «О классификациях и критериях, используемых при осуществлении медико-социальной экспертизы граждан федеральными государственными учреждениями медико-социальной экспертизы» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_192834 (дата обращения: 05.04.2018).

7. Методические рекомендации об организации приема инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательные организации высшего образования (утв. Минобрнауки России 29.06.2015 № АК-1782/05) // Администратор образования. – 2016. – № 2 (январь).

8. Федеральный закон от 24.11.1995 № 181-ФЗ (ред. от 07.03.2018) «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_8559 (дата обращения: 05.04.2018).

9. Постановление Правительства РФ от 20.02.2006 № 95 (ред. от 24.01.2018) «О порядке и условиях признания лица инвалидом» // Справочно-правовая система «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_58610 (дата обращения: 05.04.2018).

10. Международная классификация болезней десятого пересмотра МКБ-10 (принята 43-ей Всемирной Ассамблеей Здравоохранения) // Справочно-правовая система «Гарант». – URL: http://base.garant.ru/4100000 (дата обращения: 05.04.2018).

УДК 378.126:004.738.5

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СРЕДСТВАМИ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ

Степанова О.А., Диденко Г.А.

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет», Челябинск, e-mail: okalst@mail.ru, pga80@mail.ru

Статья посвящена анализу информационных потребностей преподавателей вузов, реализация которых в процессе профессиональной деятельности напрямую зависит от сформированности информационной компетентности педагогов. В статье подчеркивается, что эффективному повышению уровня информационной компетентности преподавателей способствует использование сетевых форм повышения квалификации. Применение электронного обучения обеспечивает динамичный и гибкий доступ к учебным материалам, возможность многократного обращения к информации, эффективное распределение времени обучения. Для реализации образовательной программы курса «Информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности преподавателя вуза», организованного для преподавателей ЮУГМУ, были использованы технологии электронного обучения. Модульное построение программы повышения квалификации профессорско-преподавательского состава позволило реализовать принцип индивидуализации обучения, т.е. организовать учебный процесс с возможностью выбора индивидуального темпа прохождения модулей, при этом уделяя значительное количество времени на более интересующие преподавателя темы. В заключении статьи делается вывод о том, что совершенствование информационной компетентности в условиях электронного обучения, применения сетевых форм взаимодействия позволит эффективно использовать информационные и интернет-технологии для реализации информационных потребностей преподавателей вузов в процессе самообразования, научной и профессиональной деятельности; разрабатывать электронные образовательные ресурсы, учебно-методическое обеспечение дисциплин.

Ключевые слова: информационные потребности, интернет-технологии, сетевые технологии, информационно-коммуникационные технологии, информационная компетентность, электронное обучение, курсы повышения квалификации преподавателей

REALIZATION OF INFORMATION NEEDS OF TEACHERS IN THE PROCESS OF PROFESSIONAL ACTIVITY BY MEANS OF INTERNET TECHNOLOGIES

Stepanova O.A., Didenko G.A.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education South Ural State Medical University, Chelyabinsk, e-mail: okalst@mail.ru, pga80@mail.ru

The article is devoted to the analysis of information needs of university teachers, the implementation of which in the process of professional activity directly depends on the formation of information competence of teachers. The article emphasizes that the use of network forms of professional development contributes to the effective increase in the level of information competence of teachers. The use of e-learning provides dynamic and flexible access to educational materials, the possibility of repeated access to information, the effective distribution of training time. To implement the educational program of the course «Information and Communication Technologies in the Professional Activity of the University Teacher», organized for the teachers of the South Ural State Medical University, e-learning technologies were used. The modular construction of a program for improving the qualifications of the faculty allowed to realize the principle of individualization of education, i.e. to organize an educational process with the possibility of selecting an individual pace of modules, while devoting a considerable amount of time to topics more interesting for the teacher. The conclusion of the article concludes that the improvement of information competence in the conditions of e-learning, the use of network forms of interaction will make it possible to effectively use information and Internet technologies to implement information needs of university teachers in the process of self-education, scientific and professional activities; to develop electronic educational resources, educational and methodological support of disciplines.

Keywords: information needs, Internet technologies, network technologies, information and communication technologies, information competence, e-learning, advanced courses for teachers

Информация и знания стали важнейшими ресурсами современного общества. Процессы информатизации всех сфер общества предполагают, что профессиональная деятельность большинства специалистов тесно связана с процессами поиска, обработки и использования информации с помощью информационно-коммуникационных и технических средств. В процессе деятельности изменилось взаимодействие человека и информации, что актуализирует такое понятие, как информационные потребности.

«В когнитивной информатике, в рамках расширенной трактовки понятия информации, вполне очевидна особая роль индивидуальных информационных потребностей. В отечественной литературе практически нет специальных работ, посвященных их рассмотрению и анализу соответствующих научно-практических вопросов, связанных

с активным внедрением в современную жизнь информационно-коммуникационных технологий» [1, с. 127].

Понятие «информационные потребности» является общенаучным понятием, широко используемым в социологии, информатике, педагогике и др. Отметим, что менее изученным является методический аспект данного понятия, к которому и обратимся.

Исследование вопросов методологии информационных потребностей, их классификации рассмотрено в работах А.Н. Масловой, А.В. Соколова, Э.Л. Шапиро, М.И. Левина, В.П. Седякина и других.

Информационная потребность определяется как потребность лица в информации для осуществления своей деятельности [2].

А.В. Соколов определяет понятие «информационной потребности» как «потребности в информационной деятельности, устраняющей дисбаланс информационной сферы субъекта» [3, с. 13].

Выделяют различные виды информационных потребностей. Так, «…наряду с биогенными и социогенными следует выделить техногенные индивидуальные информационные когнитивные потребности, которые стали выявляться со времен последней информационной революции [1, с. 130–131].

В.П. Седякин, В.Ф. Корнюшко, О.А. Филоретова в своем исследовании отмечают, что данное понятие является определяющим при формировании научных направлений информатики. «Дальнейшее развитие теории индивидуальных информационных потребностей представляется значимым для следующих направлений современной информатики. Во-первых, для тех общих разделов, которые в контексте обсуждения проблемы классификации различных направлений информатики [4] определяются как «Общая информатика» (или «Концептуальная информатика»), для которых теория информационных потребностей имеет основополагающее значение» [1, с. 133].

Для пояснения развития информационных потребностей А.В. Соколовым была предложена следующая модель: П(А) → Д → П(В), где П(А) – абсолютные информационные когнитивные потребности (ИКП); Д – информационная деятельность (информационное взаимодействие), а П(В) – порожденная этой деятельностью новая «инструментальная» информационная когнитивная потребность [1, с. 132].

Следуя данной теории обогащения абсолютных информационных потребностей новыми инструментальными информационными потребностями объясняется появление новых видов деятельности, обусловленных развитием и внедрением современных информационных и интернет–технологий. Так, например, в нашу жизнь активно вошли интернет-покупки, мобильный интернет-банкинг и т.д. В том числе и в современном образовании, наряду с классическими формами обучения, активно используются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

Информационные потребности неразрывно связаны с деятельностью, в том числе и профессиональной. Именно профессиональная деятельность преподавателя в значительной степени формирует его информационные потребности.

Так А.А. Ахаян отмечает, что «…способность эффективно реализовывать собственные информационные потребности – находить, оценивать и использовать соответствующую информацию, необходимую для принятия решений» характеризует информационная компетентность преподавателя» [5].

Рассмотрим реализацию информационных потребностей в процессе профессиональной деятельности преподавателя через сформированность его профессиональной компетентности.

Своевременное получение актуальной информации способствует развитию, профессиональной адаптации и росту специалиста. Информационная компетентность преподавателей способствует расширению рамок образовательного пространства и, соответственно, повышению качества образовательных услуг.

Информационно-коммуникационная компетентность специалиста включает в себя «целостное миропонимание и научное мировоззрение, которые основаны на понимании единства основных информационных законов в природе и обществе, возможности их формального, математического описания; совокупность профессиональных знаний и умений, социальных и этических норм поведения людей в информационной среде; представления об информационных объектах и их преобразовании, в том числе с помощью средств информационных технологий, технических и программных средств, реализующих эти технологии» [6, с. 11].

В современных условиях информационная компетентность преподавателя определяется не только совокупностью знаний и умений, но и способностью рационально проектировать образовательный процесс с использованием информационно-коммуникационных технологий, осуществлять взаимодействие с участниками образовательного процесса, используя сетевые

технологии. Высокий уровень информационной компетентности преподавателей способствует эффективному использованию информационных технологий в образовательном процессе и обеспечению научно-методической деятельности.

Современное образование перешло на новый этап в связи с внедрением Федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения. Компетентностный подход предъявляет требования к организации образовательного процесса, к педагогической деятельности, в связи с этим в вузе возникает необходимость проектирования и реализации таких технологий, которые способствуют совершенствованию информационной компетентности преподавателей вуза.

Согласно требованиям ФГОС ВО 3++, вступающим в силу в текущем году, «каждый обучающийся в течение всего периода обучения должен быть обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде Организации из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), как на территории Организации, так и вне ее» [7, с. 14].

Таким образом, ФГОС фактически предписывают высшим учебным заведениям обеспечить полное функционирование электронной информационно-образовательной среды, которая предоставляет следующие возможности:

- открытый доступ к электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам;
- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин;
- проведение занятий с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса средствами интернет-технологий.

Таким образом, вопрос наполнения информационной образовательной среды вуза, увеличение открытости и доступности информации для всех участников образовательного процесса, оснащение современными техническими средствами обучения и компьютерной техникой ставят вопрос о постоянном повышении квалификации, повышении уровня информационной компетентности преподавателей.

В настоящее время для повышения квалификации преподавателей непосредственно в вузе активно используются коммуникации, информационные технологии и сетевое взаимодействие.

Для реализации образовательной программы курса «Информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности преподавателя вуза», организованного для преподавателей Южно-Уральского государственного медицинского университета, были использованы технологии электронного обучения. Применение электронного обучения имеет следующие характерные преимущества перед стандартной формой обучения:

- гибкость, что предполагает возможность заниматься в удобное для себя время, в удобном месте и темпе, обучающийся ограничен только общим временем прохождения всего курса;
- параллельность означает самостоятельное планирование своего расписания, прохождение обучения параллельно с профессиональной деятельностью;
- модульность обеспечивает возможность изменять порядок прохождения учебных тем курса, рассматривать более подробно отдельные темы, которые требуют индивидуальной проработки, тем самым самостоятельно или с тьютором формировать индивидуальный образовательный план;
- научность обеспечивает одновременное обращение к различным источникам информации (электронным библиотекам, электронным образовательным ресурсам и т.д.);
- технологичность предполагает использование в образовательном процессе информационных и сетевых технологий, сетевое взаимодействие с преподавателями.

Целью реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации является совершенствование информационной компетентности преподавателей, поэтапная подготовка преподавателей к профессиональной деятельности в условиях информационно-образовательной среды вуза, повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

Учебный план курсов повышения квалификации преподавателей, разработанный преподавателями кафедры математики, медицинской информатики, информатики и статистики, физики ЮУГМУ, включает три модуля:

I. Современные методики и технологии организации образовательной деятельности.

1. Информационно-коммуникационные технологии: современное понимание, методология.

2. Современные тенденции развития образовательного процесса в высшей школе.

3. Информационно-технологическая компетентность преподавателя высшей школы.

4. Сетевые технологии в образовании.

5. 1С: Университет. Личный кабинет преподавателя и сотрудника университета.

6. Современные электронные образовательные ресурсы для обеспечения научной и образовательной деятельности преподавателя.

7. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

8. Образовательный портал (СДО MOODLE).

II. Методические аспекты проведения научных исследований в сфере науки и образования.

1. Наукометрия: индикаторы развития науки и технологии.

2. Показатели эффективности научной деятельности ученого и организации (наукометрические индексы): основные термины и понятия.

3. Информационное обеспечение научных исследований.

4. Оформление результатов научной работы.

III. Проектирование содержания учебных дисциплин, технологий и конкретных методик обучения.

1. Национальные проекты в области высшего образования.

2. Педагогическое проектирование информационно-образовательной среды вуза.

3. Разработка электронного учебно-методического обеспечения образовательного процесса в вузе.

Каждая тема модуля является достаточно содержательной, объемной и актуальной в условиях современной образовательной парадигмы, ее требований.

Модульное построение программы повышения квалификации профессорско-преподавательского состава позволяет реализовать принцип индивидуализации обучения, т.е. каждому обучающемуся выбирать индивидуальный темп прохождения модулей, уделяя значительное количество времени только более интересующим преподавателя темам.

Обучение на курсах сопровождается консультантом или тьютором, который выполняет организационную, консультационную, контролирующие функции. В течение двухнедельного прохождения курса тьютор корректирует работу преподавателей: предоставляет индивидуальный доступ для работы в системе электронного обучения Moodle, обеспечивает каждого обучающегося консультационной поддержкой в процессе обучения, контролирует сроки прохождения модулей, результаты тестирования по курсу.

Научное обеспечение курсов по совершенствованию информационной компетентности включает:

● интеграцию компетентностного, личностно-ориентированного и информационного подходов;

● технологию и основные положения электронного обучения, возможности средств интернет-технологий.

Рабочая программа, мультимедийные разработки и презентации, контрольные тесты составляют методическое обеспечение курса повышения квалификации.

Каждый модуль разработанного курса содержит информационный, содержательный и контрольный блоки. Информационный блок имеет следующую структуру: темы модуля и занятия, цели и задачи, список рассматриваемых учебных вопросов, список литературы и других источников. Содержательный блок – это учебный материал, представленный в виде мультимедийных презентаций, которые размещены в модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде Moodle. Moodle позволяет эффективно организовать процесс обучения, обеспечить постоянное взаимодействие и учебный диалог между преподавателями и руководителем курсов. Контрольный блок включает компьютерные тесты по темам модулей. Так, в среде Moodle предусмотрена возможность установки целого ряда параметров: времени начала и окончания тестирования, количества попыток тестирования, получения результатов тестирования в удобной для обработки форме. Компьютерное тестирование способствует повышению объективности контроля и исключения субъективных факторов.

В заключение отметим, что организация курсов повышения квалификации преподавателей средствами сетевых технологий показывает достаточно высокие результаты, что подтверждают итоги тестирования и анкетирования преподавателей. Электронное обучение имеет ряд таких преимуществ, как динамичный и индивидуальный доступ к учебным материалам, возможность многократного обращения к информации, эффективное распределение времени обучения, интерактивное общение.

Таким образом, совершенствование информационной компетентности в процессе профессиональной подготовки позволит преподавателю:

● эффективно использовать информационные и интернет-технологии для реализации информационных потребностей в процессе самообразования, научной и профессиональной деятельности;

● проектировать индивидуальную и групповую учебную деятельности обучающихся с применением сетевых и информационных технологий;

● разрабатывать электронные образовательные ресурсы, информационную образовательную среду и учебно-методические комплексы дисциплин с учетом требований компетентностного подхода.

Список литературы

1. Седякин В.П., Соловьев И.В., Разливинская С.В. О теории информационных потребностей // Прикладная информатика. – 2013. – № 3 (45). – С. 127–133.

2. «Модельный закон об информатизации, информации и защите информации» (Принят в г. Санкт-Петербурге 18.11.2005 г. Постановлением на 26-м пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ) URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/on-line.cgi?req=doc;base=INT;n=34362;dst=100017#0 (дата обращения: 11.04.2018).

3. Соколов А.В. Что есть информационная потребность? // Труды Санкт-Петербургского государственного института культуры. – 2013. – С. 7–17.

4. Седякин В.П., Корнюшко В.Ф., Филоретова О.А. Проблема Л. Флориди и классификация информационных наук // Прикладная информатика. – 2012. – № 3 (39). – С. 125–131.

5. Ахаян А.А., Кизик О.А. Зарубежный опыт развития информационной компетентности учащихся // Письма в Эмиссия.Оффлайн (The Emissia.Offline Letters): электронный научно-педагогический журнал. – 2007. – № 12. URL: http://www.emissia.org/of-fline/2007/1220.htm (дата обращения: 11.04.2018).

6. Качалов Н.А. Информационно-коммуникативная компетентность субъектов образовательного процесса высшей школы // Вестн. Томского гос. пед. ун-та. – 2011. – Вып. 6. – С. 10–13.

7. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 32.05.01 Медико-профилактическое дело (уровень специалитета). – URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/320501_C_3_07082017.pdf (дата обращения: 11.04.2018).

УДК 378:372.8

ТЕХНОЛОГИЯ ПОРТФОЛИО КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ БАКАЛАВРОВ МАТЕМАТИКОВ

Султанбаева Г.С.

Кыргызский государственный университет им. И. Арабаева, Бишкек, e-mail: gul_878787@mail.ru

В данной статье рассматривается формирование исследовательских компетенций будущих бакалавров с помощью средств информационной коммуникационной среды. В процессе обучения цель преподавателя – быть организатором, а студент становится предметом объекта исследования. Использование условных возможностей в сфере образования помогает студенту бакалавру достичь поставленных целей с формированием целенаправленных исследовательских компетенций, выполненных отмеченных умений. Вместе с тем освоение учебных материалов на занятиях в вузах во многих случаях используются традиционные формы, методы и средства обучения, а в статье предлогается модель технологии портфолио для организации исследовательской работы бакалавров в условиях заочного обучения с применением дистанционной технологии. Основная цель создания портфолио и ожидаемые итоги – это создание каждым студентом согласно успеваемости математического портфолио, добавление текущих качественных компонентов курсовых портфолио, представление итогов текущих занятий семестра. Предлагаемая модель была применена при подготовке математиков бакалавров при обучении предмета «Математический анализ», входящий в учебный план государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования Кыргызской Республики (ГОС ВПО КР) по основной образовательной программе 550200 направление «Физико-математическое образование» профиль «Математика» (уровень бакалавриата). В профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, выпускники должны быть готовы решать соответствующие профессиональные задачи соответствующих профессиональных компетенций (ПК). Дана структурная матрица формирования профессиональных компетенций в соответствии с ГОС ВПО по дисциплине «Математический анализ» за 2–3 курсы. Качество эффективности, разработанной портфолио технологии для формирования исследовательских компетенций бакалавров математиков в процессе дистанционного обучения, доказано методами математической статистики.

Ключевые слова: бакалавр, математика, исследовательская компетенция, портфолио технология, студент, стандарт образования

PORTFOLIO TECHNOLOGY AS A FORMING TOOL TO THE RESEARCH COMPETENCE OF FUTURE BACHELORS OF MATHEMATICS

Sultanbaeva G.S.

Kyrgyz State University named after I. Arabaev, Bishkek, e-mail: gul_878787@mail.ru

In this article, the formation of the research competences of future bachelors with the help of information communication medium is considered. In the process of teaching, the teacher's goal is to be an organizer, and the student becomes the object of the research object. The use of conditional opportunities in the field of education helps a bachelor student to achieve the set goals with the formation of purposeful research competencies, performed marked skills. At the same time, the use of traditional forms, methods and means of teaching is used in many cases in the use of teaching materials in the colleges of higher education, and the article offers a model of portfolio technology for the organization of research work for bachelors in distance learning with the use of distance technology. The main goal of creating a portfolio and the expected results is the creation by each student according to the academic performance of the mathematical portfolio, the addition of current quality components of the course portfolio, the presentation of the results of the current semester occupations. The proposed model was applied in the training of mathematics bachelors in the training of the subject «Mathematical Analysis», which is part of the curriculum of the state educational standard of higher professional education of the Kyrgyz Republic (GOS KPO KR) for the main educational program 550200 direction Physics and Mathematics Education profile Mathematics (bachelor's level). In the professional work of graduates who have mastered the bachelor's program, graduates should be ready to solve the relevant professional tasks, corresponding professional competencies (PCs). The structural matrix of the formation of professional competencies is given in accordance with the State Educational Standards of Higher Professional Training in the discipline «Mathematical Analysis» for 2-3 courses. The quality of efficiency, the developed portfolio of technology for the formation of research competencies of bachelors of mathematicians in the process of distance learning, is proved by methods of mathematical statistics.

Keywords: bachelor, mathematics, research competence, technology portfolio, student, education standard

Ввод государственного стандарта образования в вузах двухуровневого образования бакалаврита и магистратуры, а также третий уровень – профессиональное образование включает не только развитие навыков самоопределения будущего бакалавра, но и комплексный подход к получению образования, формированию умений, принятию важных решений, обучению самостоятельной работе и ответственности за принятые решения.

Во многих случаях развитие профессиональных навыков студентов зависит от индивидуальных качеств, самостоятельное развитие уровня обучения формирует исследовательскую компетентность.

В процессе обучения цель преподавателя – быть организатором, а студент становится предметом объекта исследования.

Использование условных возможностей в сфере образования помогает студен-

ту бакалавру достичь поставленных целей с формированием целенаправленных исследовательских компетенций [1], выполненных отмеченных умений. Вместе с тем освоение учебных материалов на занятиях в вузах во многих случаях используются традиционные формы, методы и средства обучения.

Отмечая точнее, средства информационных коммуникационных сфер, как отмечено все вышесказанное приводят к необходимости формирования исследовательских компетенций будущих специалистов [2].

Организация исследовательской работы математиков в условиях дистанционного обучения:

– проблема формирования исследовательской компетенции с применением информационных технологий на практике полностью не решена, так, например, в процессе дистанционного обучения не реализована активная связь между студентом и преподавателем, а также между студентами;

– уровень образования студентов дистанционной формы обучения оценивается в виде тестов, что ограничивает их возможности, что препятствует формированию исследовательских компетенций;

– не формируется соответствующая деятельность профессиональной методической подготовки будущих математиков бакалавров.

На сегодняшний день в вузах встает вопрос, в чем проблема недобора бюджетных мест на специальности математика. Но нас огорчает то, что наш учебный план не полностью реализован. Так как при дистанционной форме обучения мы полностью обучаем по учебному плану. На сегодняшний момент нам не известно, на каком уровне компетентен математик бакалавр, обучающийся на дистанционной форме. На данный момент мы подготовили первых математиков студентов, окончивших дистанционную форму обучения, и нам теперь неизвестно, какими они будут педагогами, как они будут готовить будущее поколение. До этого мы слышали мнение, что уровень студентов заочников неудовлетворительный, что недостаток их знаний нанес урок ученикам, сейчас мы, используя дистанционную технологию обучения, применяем заочную форму обучения.

В основном подготовка математиков не на дистанционном, а на дневном обучении трудна, а знания студентов, обучающихся дистанционно, ограничиваются тестом.

Поэтому предлагаемая нами технология применения портфолио на заочной форме обучения с использованием дистанционной технологии обучения показала свою эффективность в проведенных наших экспериментах. Здесь студент, применяя технологию портфолио, в конце каждого семестра защищает все собранное электронное портфолио перед студентами, обсуждаются появившиеся вопросы и итоги оцениваются вместе, реализуются активные элементы и формируется взаимооценивание [3]. Это, с одной стороны дает толчок к полной реализации учебного плана, с другой стороны, формирует необходимые профессиональные компетенции будущего педагога.

Основная цель создания портфолио и ожидаемые итоги – это создание каждым студентом согласно успеваемости математического портфолио, добавление текущих качественных компонентов курсовых портфолио, представление итогов текущих занятий семетра.

Индивидуальное электронное образовательное портфолио студента, соответствующее высшему профессиональному учебному стандарту, полностью представляет итоги знаний студентов.

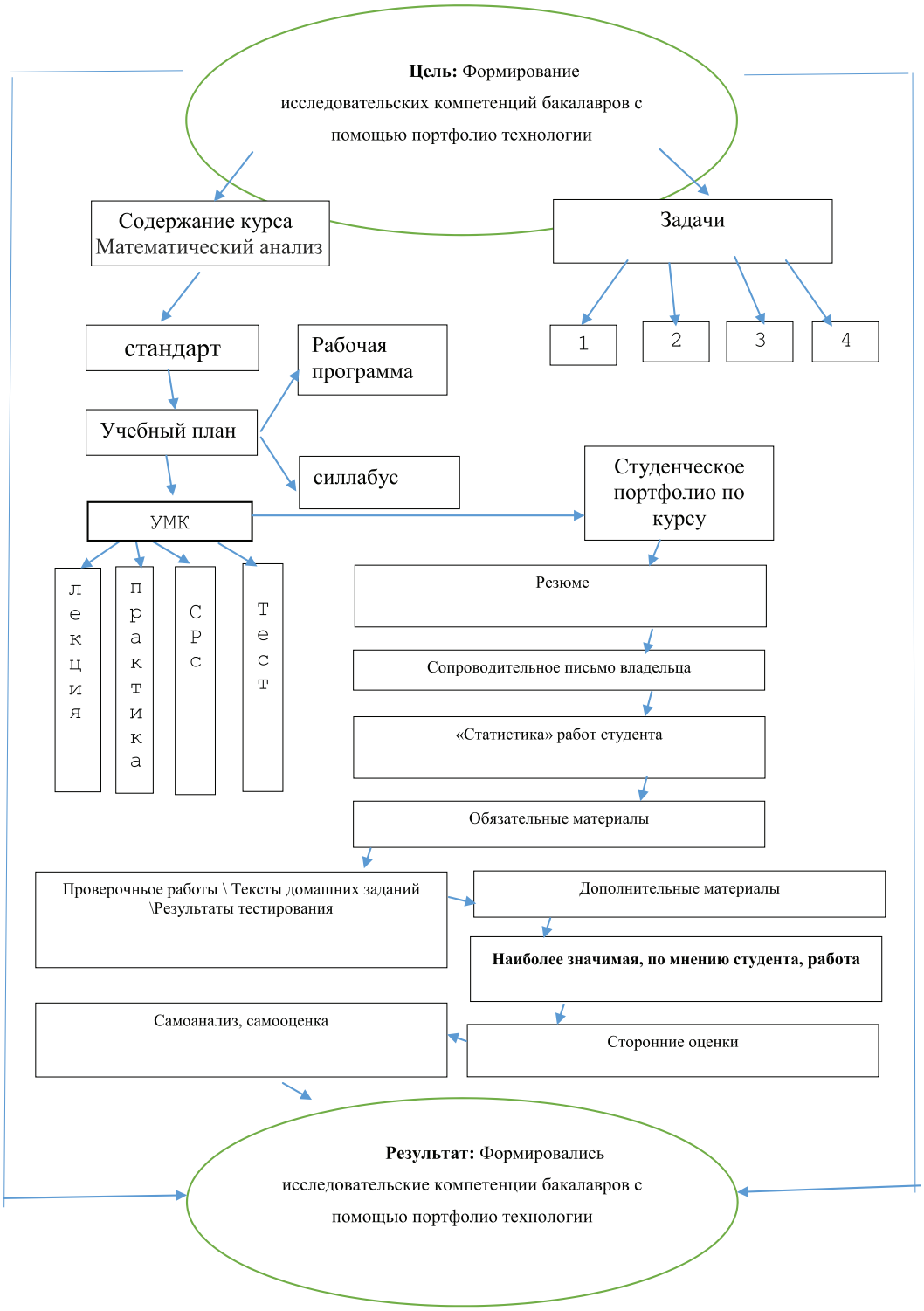
На представленном ниже рисунке показано формирование модели исследовательской компетенции математика бакалавра с использованием технологии портфолио, где со стороны студентов ведение портфолио помогает реализовать основную функцию педогогического контроля (аттестации).

Здесь, с одной стороны, связь студента и преподавателя, с другой стороны, форма организации учебного процесса в одно и то же время контролирует качество и модели обучения.

Эту модель мы применили при подготовке математиков бакалавров при обучении дисциплины «Математический анализ», входящего в учебный план по основной образовательной программе 550200 Математика к характеристике профессиональной деятельности (ПД) выпускников, освоивших программу бакалавриата, в соответствии с видами ПД, на которые ориентирована программа бакалавриата, должен быть готов решать профессиональные задачи в соответствии с ГОС ВПО Кыргызской Республики.

Если, к примеру, взять дисциплину «Математический анализ» за 2–3 курсы (4, 5, 6 семестры), то годовое содержание этой учебной дисциплины можно разделить на 6 учебных модулей. С учетом значительного места дисциплины «Математический анализ» в профессиональном блоке оправдана «загруженность» структурной матрицы формирования профессиональной подготовки по каждому из 6 учебных модулей. Ключевыми звеньями ПМК бакалавров по основной образовательной программе

550200 Математика на 2, 3 курсах являются учебные модули «Дифференциальное исчисление функции одной переменной» и «Интегральное исчисление функции одной переменной». Знания и опыт, полученные студентом при изучении данных разделов, в основном определяют последующее совершенствование профессиональной математической деятельности студентов [4]. Нелегко подобрать и задания, которые объективно диагностируют ту или иную профессиональную компетенцию.



Модель дистанционного образования с применением технологии портфолио

Экспериментальная работа включала три этапа: констатирующий (2012–2013 гг.), формирующий (2013–2015 гг.) и контрольный (2015–2017 гг.).

Первый этап (2012–2013 гг.) был посвящен изучению и анализу педагогической, научно-методической литературы по теме исследования. Определены: цель, задачи, объект, предмет, этапы исследования; предложено использование портфолио по программе AVN; осуществлен отбор экспериментальных материалов; проводилась поисковая работа.

На втором этапе (2013–2015 гг.) был определен состав исследовательских компетенций будущих бакалавров при изучении математических дисциплин в вузах педагогического направления; были даны определения понятиям «исследовательская компетенция», исследовательские компетенции; «исследовательская компетентность», было определено инвариантное ядро понятия «исследовательская компетенция». была проведена опытно-экспериментальная работа, в целях проверки эффективности использования портфолио по программе AVN в условиях дистантной формы обучения в вузах.

Третий этап (2015–2017 гг.). Была осуществлена опытно-экспериментальная работа, в ходе которой реализовывалась предложенная методика использования портфолио по программе AVN в условиях дистантной формы обучения, проверялась ее эффективность.

При организации педагогического эксперимента были поставлены следующие цели:

1. Разработать методические рекомендации использования портфолио на основе программы AVN в условиях дистантного обучения в вузах.

2. Проверить эффективность развития ИК студентов дистантного обучения в результате использования портфолио.

Для достижения этих целей был разработан следующий план действий:

– определение контрольных и экспериментальных групп;

– создание портфолио для каждой группы студентов;

– проведение теста для констатации уровня усвоения учебного материала для каждой группы;

– анализ полученных результатов и выработка соответствующих положений.

Согласно поставленным задачам вначале был проведен *констатирующий эксперимент*. В эксперименте участвовали студенты из факультета физико-математического образования и информационных технологии (ФМОиИТ), 73 студента, а также из института повышения квалификации и переподготовки кадров (ИПКиПК) 86 студентов КГУ им. И. Арабаева и из ИГУ им. К.Тыныстанова 48 студентов. В контрольных группах занятия по дисциплине «Математический анализ» проводились по традиционной методике (с применением обычных учебников и учебных пособий), а в экспериментальных группах использовались возможности ИКС с целью сравнения эффективности традиционной методики итехнологиипортфолиовусловияхдистантного обучения.

На первом этапе экспериментального исследования получен первичный эмпирический материал, который позволил определить исходный уровень усвоения студентами материалов дисциплины «Математический анализ», и на основе этого была предложена технология портфолио в виртуальной образовательной среде. Для развития ИК математиков бакалавров разработаны модель и методические рекомендации его реализации.

На втором этапе экспериментального исследования была разработана технология портфолио для развития ИК математиков бакалавров, применялось в дисциплине «Математический анализ».

На третьем этапе экспериментального исследования были получены результаты взаимодействия студентов и преподавателя, студентов со студентами в процессе обучения, подведены итоги работы с портфолио в виртуальной среде AVN и определены уровни сформированности ИК бакалавров математиков.

На основании результатов проведенных экспериментов составлена табл. 1.

Далее проанализируем дисциплину «Математический анализ» за каждый год после внедрения технологии портфолио на дистанционную форму обучения.

Таблица 1

Значения оценок и вероятностей, 2013–2014 у.г.

x_i	$x_1 < 55$	$55 \le x_2 < 70$	$70 \le x_3 < 85$	$x_4 \ge 85$
p_i(контр.)	0,055	0,362	0,472	0,109
p_i(эксп.)	0,044	0,233	0,557	0,166

Таблица 2

Значения оценок и вероятностей, 2014–2015 у.г.

x_i	$x_1 < 55$	$55 \le x_2 < 70$	$70 \le x_3 < 85$	$x_4 \ge 85$
p_i(контр.)	0,065	0,376	0,441	0,118
p_i(эксп.)	0,011	0,247	0,539	0,203

Таблица 3

Значения оценок и вероятностей, 2015–2016 у.г.

x_i	$x_1 < 55$	$55 \le x_2 < 70$	$70 \le x_3 < 85$	$x_4 \ge 85$
p_i(контр.)	0,043	0,336	0,490	0,131
p_i(эксп.)	0,011	0,114	0,602	0,273

За 2013–2014 учебный год численные значения математического ожидания по вышеприведенной формуле – произведены следующие вычисления.

Контрольная диагностика:

$$M(x)\sum_{i=1}^{n} x_i p_i = x_1{*}p_1 + x_2{*}p_2 + x_3{*}p_3 + x_4{*}p_4 =$$
$$= 5{*}0{,}055 + 33{*}0{,}362 + 43{*}0{,}472 + 10{*}0{,}109 =$$
$$= 0{,}275 + 11{,}946 + 20{,}296 + 1{,}09 = 33{,}607.$$

Экспериментальная диагностика:

$$M(x)\sum_{i=1}^{n} x_i p_i = x_1{*}p_1 + x_2{*}p_2 + x_3{*}p_3 + x_4{*}p_4 =$$
$$= 3{*}0{,}044 + 21{*}0{,}233 + 51{*}0{,}557 + 15{*}0{,}166 =$$
$$= 0{,}132 + 4{,}893 + 28{,}407 + 2{,}49 = 35{,}922.$$

За 2014–2015 учебный год численные значения математического ожидания по вышеприведенной формуле произведены следующие вычисления.

Контрольная диагностика:

$$M(x)\sum_{i=1}^{n} x_i p_i = x_1{*}p_1 + x_2{*}p_2 + x_3{*}p_3 + x_4{*}p_4 =$$
$$= 6{*}0{,}065 + 35{*}0{,}376 + 41{*}0{,}441 + 11{*}0{,}118 =$$
$$= 0{,}39 + 13{,}16 + 18{,}081 + 1{,}298 = 32{,}929.$$

Экспериментальная диагностика:

$$M(x)\sum_{i=1}^{n} x_i p_i = x_1{*}p_1 + x_2{*}p_2 + x_3{*}p_3 + x_4{*}p_4 =$$
$$= 1{*}0{,}011 + 22{*}0{,}247 + 48{*}0{,}539 + 18{*}0{,}203 =$$
$$= 0{,}011 + 5{,}434 + 25{,}872 + 3{,}654 = 34{,}971.$$

За 2015–2017 учебный год численные значения математического ожидания по вышеприведенной формуле произведены следующие вычисления.

Контрольная диагностика:

$$M(x)\sum_{i=1}^{n} x_i p_i = x_1{*}p_1 + x_2{*}p_2 + x_3{*}p_3 + x_4{*}p_4 =$$
$$= 4{*}0{,}043 + 31{*}0{,}336 + 45{*}0{,}490 + 12{*}0{,}131 =$$
$$= 0{,}172 + 10{,}416 + 22{,}05 + 1{,}572 = 34{,}21.$$

Экспериментальная диагностика:

$$M(x)\sum_{i=1}^{n} x_i p_i = x_1{*}p_1 + x_2{*}p_2 + x_3{*}p_3 + x_4{*}p_4 =$$

$$= 1{*}0{,}011 + 10{*}0{,}114 + 53{*}0{,}602 + 24{*}0{,}273 =$$

$$= 0{,}011 + 1{,}14 + 31{,}906 + 6{,}552 = 39{,}609.$$

Значения математического ожидания за 2013–2017 учебные годы показаны в табл. 4.

Таблица 4

Показатели математического ожидания по учебным годам

Учебные годы	Контр. груп. $M(x)$	Экспер. груп. $M(x)$
2013–2014 у.г.	33,607	35,922
2014–2015 у.г.	32,929	34,971
2015–2017 у.г.	34,21	39,609

После изучения дисциплины «Математический анализ» исследовательские компетенции бакалавра математика если не полностью, то можно считать, что повысились. Развитие исследовательских компетенций математика бакалавра с использованием информационных технологий приводит к увеличению интереса к предмету. При обучении курса предложенная нами технология портфолио с каждым годом развивалась, вносились дополнения и доказана проведенными экспериментами эффективность учебного плана [5].

Список литературы

1. Абакумова С.И. Формирование исследовательской компетентности студентов инженерного вуза при изучении математики: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Абакумова Светлана Ивановна. – Ставрополь, 2009. – 23 с.

2. Байсалов Дж.У., Онолбаев М.Б. Система задач для развития логического мышления учащихся на уроках алгебры // Вестник НГПИ. – 2007. – Выпуск 8. – С. 79–82.

3. Султанбаева Г.С., Барганалиева Ж.К. Формирование исследовательских компетенций с использованием интерфейсов среды AVN и образовательного портфолио // Вестник НГУ им. С. Нааматова. – 2016. – С. 200–201.

4. Абакумова С.И. Формирование исследовательской компетентности студентов инженерного вуза при изучении математики: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08 / Абакумова Светлана Ивановна. – Ставрополь, 2009. – 23 с.

5. Это не ранец, это портфель! [Электронный ресурс] // Учительская газета (независимое педагогическое издание). – URL: http://www.ug.ru/issues/?action=topic&toid=2343 (дата обращения: 08.04.2018).

УДК 372.851

РАЗВИВАЕМ ЛЕВОЕ ПОЛУШАРИЕ ГОЛОВНОГО МОЗГА РЕШЕНИЕМ КОНСТРУКТИВНЫХ ЗАДАЧ

Супрун Л.И., Супрун Е.Г., Устюгова Л.А.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: suprun-lily@yandex.ru

Работа правого и левого полушария головного мозга взаимосвязана и асимметрична. Каждое из них имеет свою функциональную специализацию. Исследования нейропсихологов и психоаналитиков (одним из которых является М. Зденек) свидетельствуют о том, что левое полушарие отвечает за логику и анализ, за языковые способности, контролирует речь, последовательно обрабатывает информацию. Одним словом, отвечает за логическое и аналитическое мышление. Правое полушарие специализируется на обработке информации, выраженной не в словах, а в символах и образах, даёт возможность мечтать и фантазировать, способно рассматривать проблему в целом, не применяя анализа. Одним словом отвечает за творческое мышление. Опыт обучения студентов бакалавриата направления подготовки «Архитектура» и школьников 10–11 классов, решивших посвятить себя архитектуре, показал, что у большинства из них преобладает творческое мышление. Для формирования компетенций, предусмотренных образовательной программой, необходимо иметь хорошо развитое как логическое, так и творческое мышление. Вопросам развития «гармонической работы мозга» посвящены труды проф. А.Л. Сиротюк, доц. Н.В. Кайгородцевой и др. В статье приведён опыт организации учебного процесса при изучении начертательной геометрии, способствующий развитию левого и активизации правого полушария головного мозга. Рассмотрена возможность использования альтернативных заданий. Для развития логического мышления полезно решение конструктивных задач на только что изученную тему другого раздела. Так например, в разделе «Позиционные задачи» изучают методы определения взаимного расположения заданных геометрических объектов. В конструктивных задачах необходимо сначала путем анализа исходных данных сконструировать геометрические объекты, а затем решить вопрос об их взаимном расположении методами, только что изученными в этом разделе. Приведены примеры таких задач к теме «Пересечение поверхностей».

Ключевые слова: полушария головного мозга, логическое мышление, творческое мышление, организация учебного процесса, конструктивные задачи

DEVELOP THE LEFT HEMISPHERE OF THE BRAIN SOLUTION OF DESIGN PROBLEM

Suprun L.I., Suprun E.G., Ustyugova L.A.

Federal STATE Autonomous Educational Institution «Siberian Federal University», Krasnoyarsk, e-mail: suprun-lily@yandex.ru

The work of the right and left hemispheres of the brain is interconnected and asymmetrical. Each of them has its own functional specialization. Studies of neuropsychologists and psychoanalysts (one of which is M. Zdenek) show that the left hemisphere is responsible for logic and analysis, for language abilities, controls speech, consistently processes information. In short, it is responsible for logical and analytical thinking. The right hemisphere specializes in the processing of information expressed not in words, but in symbols and images, makes it possible to dream and fantasize, is able to consider the problem as a whole, without using analysis. In one word replies for creative thinking. The experience of working with first-year undergraduate students of «Architecture» and pupils of 10-11 grades who decided to devote themselves to architecture, showed that most of them are dominated by creative thinking. For the formation of competencies provided by the educational program, it is necessary to have a well-developed logical and creative thinking. Development of the «harmonious brain» is dedicated to the works of prof. Sirotyuk A.L., Assoc. Kaigorodtsev N.V. etc. The article presents the experience of the educational process in the study of descriptive geometry, contributing to the development of the left and activation of the right hemisphere of the brain. The possibility of using alternative tasks is considered. For the development of logical thinking useful in the solution of design problems on a newly researched topic for another section. For example, in the section» Positional problems « they study methods of determining the relative position of given geometric objects. In constructive problems it is necessary to construct at first by the analysis of initial data geometrical objects, and then to resolve an issue of their mutual arrangement by the methods just studied in the section «Positional problems». Examples of such problems to the topic «Intersection of surfaces» are given.

Keywords: cerebral hemispheres, logical thinking, creative thinking, organization of the educational process, the design task

Образовательная программа регламентирует, какой вид компетенции должен быть сформирован у студента при изучении той или иной дисциплины. Набор этих компетенций обусловлен конечным результатом подготовки выпускников. Бакалавр архитектуры, например, должен «владеть культурой мышления», «обладать способностью использовать воображение», «мыслить творчески», «анализировать проблемы и процессы», «моделировать исследования» [1]. Для формирования этих компетенций необходимо прежде всего иметь хорошо развитое как логическое, так и творческое мышление. Каждое из них имеет свою функциональную направленность.

Логическое мышление включает в себя умение разбить проблему на простейшие

этапы и решать её пошагово путём выстраивания логических цепочек перехода от одного этапа к другому. Такое мышление можно назвать аналитическим, так как оно требует анализа ситуации, без которого нельзя выполнить поэтапную разбивку. При решении проблемы чаще всего используются известные разработки. Логическое мышление является абстрактным.

Творческое мышление включает в себя умение фантазировать и предлагать свои варианты решения проблемы, не обращая внимания на имеющиеся каноны. Творческий человек действует на уровне интуиции. Он не делит проблему на части, а рассматривает её в целом, т.е. синтезирует «целостный образ во всей совокупности его конкретных проявлений» [2]. Такое мышление является пространственным.

Многолетние наблюдения за студентами бакалавриата направлений подготовки «Архитектура и изобразительное искусство», а также школьниками 10–11 кл., решившими посвятить себя архитектуре, в процессе их обучения показывают, что:

– на вопрос анкеты «Доступно ли излагался материал?» все студенты отвечают «да», однако с заданием на закрепление этого материала самостоятельно справляются не все;

– студенты неудачно выступают на олимпиаде по начертательной геометрии, однако становятся победителями творческих конкурсов по архитектуре и рисунку, и наоборот, победители олимпиад либо не участвуют в конкурсах, либо не добиваются в них успеха;

– у большинства студентов затруднение вызывают позиционные задачи на пересечение прямой линии с плоскостью и пересечение двух плоскостей, но они с лёгкостью решают задачи на построение аксонометрии и перспективы;

– выполнять задание по проекционному черчению одни школьники начинают с построения проекций, другие – с аксонометрии.

Во всех случаях возникает вопрос: «Почему?»

Целью настоящего исследования является выяснение причины, казалось бы, противоречивых фактов и разработка возможных путей увеличения результативности образования на примере графических дисциплин.

В экспериментальном исследовании задействованы *студенты* 1 *курса* направления «Архитектура» и группа старшеклассников, решивших посвятить себя архитектуре.

Методы исследования – анализ процесса выполнения графических работ по начертательной геометрии и черчению.

Обратимся к физиологическим особенностям организма человека. Как известно, наш мозг состоит из двух полушарий: левого и правого. Каждое полушарие управляет противоположной стороной тела человека и выполняет лучше ту работу, за которую оно отвечает. Исследования нейропсихологов и психоаналитиков [3] в области «межполушарной специализации мозга» свидетельствуют о том, что левое полушарие контролирует речь, отвечает за логику и анализ, поэтапно обрабатывает информацию. Правое полушарие воспринимает информацию, выраженную в символах и образах; способно рассматривать и обрабатывать сразу много информации, не применяя анализа; даёт возможность применения творческих способностей.

Таким образом, за логическое мышление отвечает левое полушарие, за творческое – правое полушарие головного мозга. Людей, обладающих равномерно развитыми полушариями головного мозга, очень мало [4]. У большинства из них доминирующим является одно из полушарий. Оно и определяет способности и возможности человека.

Теперь попробуем разобраться в приведённых ранее наблюдениях.

Объяснение материала преподаватель, как правило, сопровождает пространственными рисунками. Поэтому каждый шаг построения на ортогональном чертеже студенту понятен. Задание на самостоятельную работу дано в ортогональных проекциях. Студентам с правополушарным мышлением сложно представить в целом конечный результат. Отсюда и возникают трудности в выполнении задания. По той же причине таким студентам легче решать задачи с объёмным изображением (перспективой или аксонометрией), чем с абстрактным (пересечение прямой линии с плоскостью).

В олимпиаде принимают участие обычно сильные студенты. Но успеха добиваются только левополушарные студенты. Для решения олимпиадных задач требуется логическое мышление с умением анализировать ситуацию. Для творческого конкурса нужна фантазия. Здесь успех сопутствует правополушарным студентам.

Выполняя задание по проекционному черчению, одни школьники разбивают деталь на простейшие геометрические тела и без труда строят третью проекцию. У них работает логическое мышление. Значит, доминирующим является левое полушарие. Школьники с доминирующим правым полушарием затрудняются в построении третьей проекции. Поэтому они сначала строят наглядное изображение детали в аксономе-

трии, затем, глядя на неё, выполняют ортогональную проекцию.

Теперь становится понятным, почему студенты, блестяще справившиеся с заданием, затрудняются дать теоретические обоснования своим построениям. Ведь речь контролирует левое полушарие. А у этих студентов доминирует правое полушарие.

Как организовать учебный процесс так, чтобы обеспечить формирование нужных компетенций у всех студентов? Вопросам обучения детей с учётом развитости их полушарий посвящены труды нейропсихолога, доктора психологических наук, профессора А.Л. Сиротюк. Ею разработано практическое руководство для учителей и родителей [5]. Кандидат педагогических наук, доцент Н.В. Кайгородцева в своих исследованиях выясняет, что причины трудностей, возникающих при изучении «геометрических понятий и явлений», также связаны с работой полушарий головного мозга [4]. Студенты с первого семестра изучают начертательную геометрию. Обеспечить индивидуальное обучение на этом этапе практически невозможно, но организовать процесс обучения так, чтобы он способствовал дальнейшему развитию функций головного мозга, в компетенции преподавателя.

Поделимся собственным опытом. Изучение теоретического материала по начертательной геометрии обязательно сопровождается выполнением практических заданий. На закрепление одной и той же темы студентам можно предложить разноплановые задачи, предварительно объяснив, в чём их различие и какая цель при этом преследуется.

Так, изучив первый раздел «Конструирование геометрических моделей», в качестве эксперимента студентам предложили два вида заданий: «Конструирование плоской фигуры» и «Конструирование архитектурной оболочки». В первом задании требовалось построить проекции плоской фигуры по заданным условиям. Студентам необходимо было провести анализ условия задания, составить план решения задачи и используя выученный теоретический материал, выполнить построение. Это задание на чисто логическое мышление. Задача имеет вполне конкретное решение. Во втором задании дан план сооружения. Необходимо сконструировать из линейчатых поверхностей его покрытие, используя заданные формы направляющих. Эта задача носит творческий характер. Здесь может быть несколько вариантов. Всё зависит от фантазии студента. Подобные альтернативные задания, несомненно, будут способствовать совершенствованию одного и развитию другого мышления.

Эксперимент проводился в двух формах. Первый раз студентам предложили выполнить одно из двух заданий на выбор. В результате 16% выбрали плоскую фигуру, остальные предпочтение отдали архитектурной оболочке. Во второй раз оба задания сделали обязательными, но ограничили время их выполнения. После установленного срока дорабатывать можно было одно из этих заданий. В результате 20% выполнили оба задания, 3% продолжили работу над плоской фигурой, остальные заканчивали архитектурную оболочку. Таким образом, мы выяснили, что большинство наших студентов обладают творческим мышлением. Поэтому необходимо обратить внимание на левое полушарие, отвечающее за логическое мышление.

Для развития логического мышления полезно решение *конструктивных* задач на только что изученную тему другого раздела. Так в разделе «Позиционные задачи» изучают методы определения взаимного расположения *заданных* геометрических объектов пространства. В конструктивных задачах сначала надо *сконструировать* геометрические объекты, а затем определять их взаимное расположение изученными методами.

К примеру, возьмём тему «Пересечение поверхностей. Метод сфер» [6, с. 69–76].

Могут использоваться концентрические и эксцентрические сферы.

Метод концентрических сфер применяется, когда:

– заданы две поверхности вращения,

– оси поверхностей пересекаются,

– плоскость осей параллельна одной из плоскостей проекций [6, с. 70].

Рассмотрим конструктивную задачу.

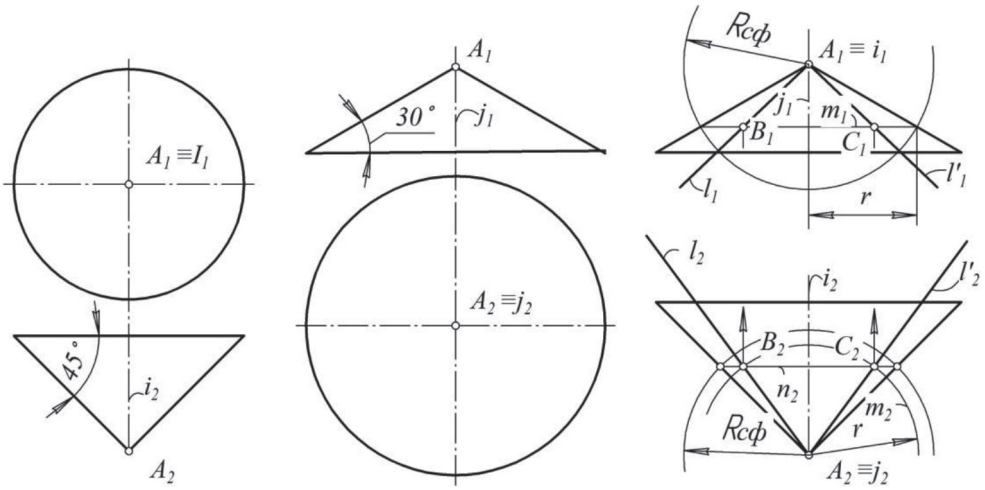
Задача 1. Через точку А провести прямые под углом 45° к π_1 и 30° к π_2.

Через точку можно провести много прямых линий под заданным углом к плоскости. Все они будут лежать на конической поверхности.

Геометрическим множеством всех прямых, проходящих через точку А под углом 45° к π_1, является прямой круговой конус с вершиной в точке A, осью $i \perp \pi_1$ и углом при основании 45° (рис. 1, *а*).

Геометрическим множеством всех прямых, проходящих через точку А под углом 30° к π_2, является прямой круговой конус с вершиной в точке A, осью $j \perp \pi_2$ и углом при основании 30° (рис. 1, *б*).

Прямые линии, удовлетворяющие всем условиям, должны принадлежать линии пересечения этих конусов.



а) *б)* *в)*

Рис. 1. Задача 1: в ортогональных проекциях а) конус с осью i $\perp\pi_1$, б) конус с осью j $\perp\pi_2$, в) решение задачи

Имеем *две поверхности вращения*, *оси* которых *пересекаются*: $i \cap j = A$ *и лежат в плоскости, параллельной* π_3. Есть все условия для применения *концентрических сфер*. Поскольку конусы имеют общую вершину (точку *A*), то они пересекаются по образующим. Поэтому достаточно воспользоваться только одной вспомогательной сферой, что и показано на рис. 1, *в*.

Поскольку основания конусов в решении задачи не используются, то каждый конус на эпюре задан только одной проекцией. Вспомогательная сфера проведена из центра А в двух проекциях.

Если при решении задачи методом концентрических сфер окажется, что сфера минимального радиуса касается одновременно каждой заданной поверхности, то применяется *теорема Монжа* [6, с. 74].

Если две поверхности вращения описаны около третьей поверхности вращения или вписаны в неё, то линия их пересечения распадается на две кривые второго порядка, плоскости которых проходят через точки касания.

Задача 2. Даны две пересекающиеся фронтали *f* и *f*′. Провести прямые, удалённые от фронтали *f* на расстоянии 40 мм и пересекающие фронталь *f*′ под углом 30° (рис. 2, *а*).

Прямые линии, удалённые от фронтали *f* на 40 мм, должны быть либо образующими прямого кругового цилиндра с осью *f*, либо прямыми, касающимися этого цилиндра.

Прямые линии, пересекающие фронталь *f*′ под углом 30°, должны быть образующими прямого кругового конуса с осью *f*′ и углом при вершине 30°.

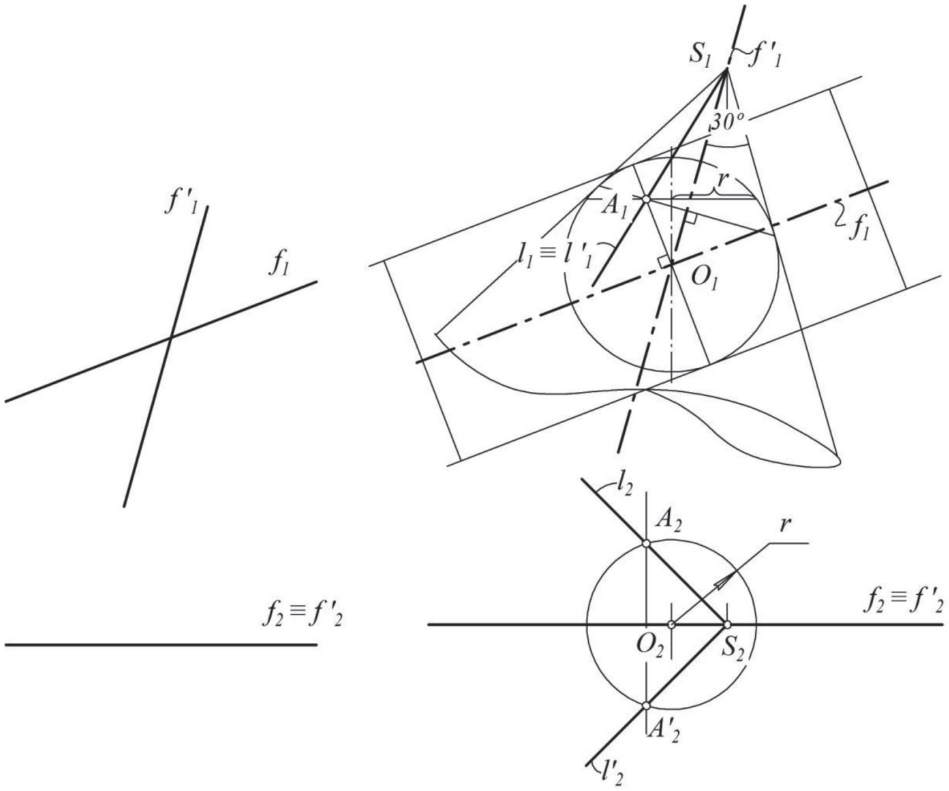
Таким образом, мы имеем *две поверхности вращения*, *их оси пересекаются* и *лежат в плоскости, параллельной* π_1. Значит, для решения можно использовать концентрические сферы, проводимые в плоскости π_1. O_1 – центр сфер.

Искомые прямые линии должны быть образующими конуса, касающимися цилиндра. Это возможно в том случае, когда конус и цилиндр описаны около одной сферы. Поскольку диаметр цилиндра 40 мм, то и диаметр вписанной в него сферы тоже 40 мм. В данном случае имеет место *теорема Монжа* и для решения задачи понадобится только одна сфера.

Построение в ортогональных проекциях приведено на рис. 2, *б*.

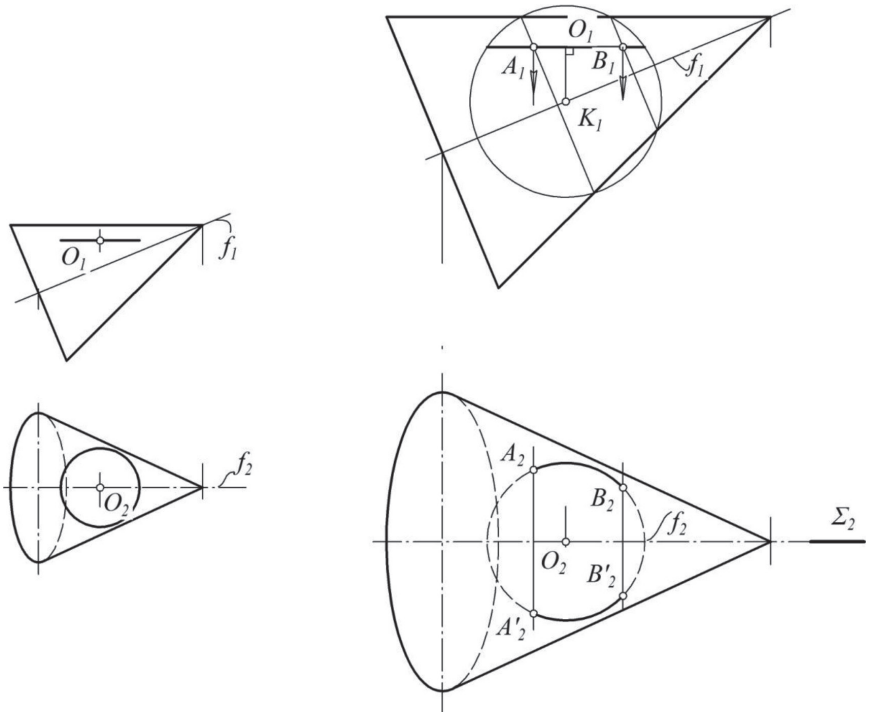
В плоскости π_1 из O_1 проводим очерк сферы диаметром 40 мм. Параллельно f_1 проводим очерковые образующие цилиндра. Под углом 30° к *f*′ проводим очерковые образующие конуса так, чтобы они касались очерка сферы. При пересечении их с f_1' отмечаем вершину конуса S_1. По линии связи переносим её на f_2'.

Соединив точки касания очерка сферы с очерковыми образующими цилиндра и конуса, получим проекции линий касания сферы с каждой из этих поверхностей. Точка A_1 их пересечения будет фронтальной проекцией точки касания образующих цилиндра и конуса. Её горизонтальные проекции найдём через сферу. Прямые *l* (l_1, l_2) и *l*′(l_1', l_2') будут искомыми.



а) *б)*

Рис. 2. Задача 2: а) условие, б) решение в ортогональных проекциях



а) *б)*

Рис. 3. Задача 3: а) условие, б) решение в ортогональных проекциях

Метод *эксцентрических сфер* применяется, когда:

– заданы две криволинейные поверхности, из которых хотя бы одна является поверхностью вращения, а другая может пересекаться плоскостями по семейству окружностей;

– обе поверхности имеют общую плоскость симметрии;

– плоскость симметрии параллельна одной из плоскостей проекций [6, с. 74].

Задача 3. Задан конус вращения, осью которого является фронталь *f*, и горизонтально расположенная окружность. Центр О окружности находится в одной плоскости с фронталью *f*. Определить точки пересечения окружности с поверхностью конуса, не прибегая к построению лекальных кривых (рис. 3, *а*).

Заданы две фигуры: поверхность вращения (конус) и горизонтально расположенная окружность. Поскольку центр О окружности находится в одной плоскости с осью *f* конуса, то обе фигуры имеют общую плоскость симметрии Σ. А так как *f* – фронталь, то $\Sigma \parallel \pi_1$. Таким образом, имеются все условия для применения *метода эксцентрических сфер*. Здесь вместо второй поверхности задана одна окружность. Задачу можем решить при помощи сферы (рис. 3, *б*). Её центр K_1 находится в точке пересечения срединного перпендикуляра, проведённого из центра проекции окружности, с осью конуса. Проведённая сфера соосна с конусом. Она пересекает его по окружностям, проекции которых проходят через точки пересечения очерков. На пересечении построенных линий с заданной окружностью получаются проекции A_1 и B_1 искомых точек.

Каждая из рассмотренных выше конструктивных задач была «привязана» к конкретной позиционной задаче на пересечение поверхностей. Это облегчало проведение анализа и создание логических цепочек для конструирования геометрического объекта, поскольку было ясно, модель какой ситуации необходимо создать. Такое «сопровождение» можно организовать для всех позиционных и метрических задач. Оно оказывает неоценимую помощь в развитии левого полушария, отвечающего за логику.

В заключение хочется отметить, что обучение – это обоюдотворческий процесс. Его следует организовать так, чтобы было интересно и педагогу, и обучаемому. Нельзя преподавать по шаблону. Творчески мыслящий педагог может сам составить подобное «сопровождение» ко всем темам, а также продумать другие приёмы развития личности в процессе обучения.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 07.03.01 Архитектура (уровень бакалавриата). URL: http://fgosvo.ru/070301 (дата обращения: 25.02.2018).

2. Еремеева В.Д., Хризман Т.П. Развиваем правое полушарие головного мозга. Форум [Электронный ресурс]. – URL: sapfir.do.am›forum/38-297-1 (дата обращения: 25.02.2018).

3. Мэрили Зденек. Развитие правого полушария: Серия: Живите с умом / Мэрили Зденек. – Минск: Попурри, 2004. – 352 с.

4. Кайгородцева Н.В. Геометрия, геометрическое мышление и геометрографическое образование // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12330 (дата обращения: 25.02.2018).

5. Сиротюк А.Л. Обучение детей с учётом психофизиологии: практическое руководство для учителей и родителей / А.Л. Сиротюк. – М.: ТЦ Сфера, 2001. – 128 с.

6. Супрун Л.И. Геометрическое моделирование в начертательной геометрии: учебное пособие / Л.И. Супрун, Е.Г. Супрун; Сиб. федер. ун-т, Ин-т архитектуры и дизайна. – Красноярск: СФУ, 2011. – 254 с.

УДК 372.853

ФОРМИРОВАНИЕ У УЧАЩИХСЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ОГЭ ПО ФИЗИКЕ

Тишкова С.А., Коломин В.И.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань, e-mail: svetatish70@mail.ru, kolominagu@mail.ru

В статье описывается методика формирования у учащихся экспериментальных умений при подготовке к итоговой аттестации по физике. В основе данной методики лежит деятельностный подход к обучению. Согласно данной теории знания рассматриваются не обособленно от деятельности, а как конечный продукт. Все элементы знаний являются результатом определенной деятельности. Поэтому можно управлять процессом усвоения и создания знаний через специально организованную деятельность учащихся. Экспериментальные задания в ОГЭ требуют от учащихся ясного понимания основных законов физики, умения выдвигать гипотезы, планировать и моделировать свою деятельность. В отличие от стандартного проведения фронтальных лабораторных работ, данный подход предполагает самостоятельную работу учащихся по разработке плана выполнения задания, подбора физических приборов для проведения эксперимента. Метод формируется в обобщенном виде. Усвоение каждого действия метода происходит поэтапно, по мере изучения новых знаний. Данная методика позволяет подготовить учащихся к успешному выполнению заданий ОГЭ, связанных с проведением эксперимента во второй части и заданий первой части, в которых необходимо дать правильный ответ при анализе экспериментальной установки или экспериментальных данных, представленных на рисунке или в таблице.

Ключевые слова: экспериментальные задачи, моделирование, деятельностный подход, решение задач, подготовка к ОГЭ

FORMATION AT STUDENTS OF EXPERIMENTAL SKILLS AT PREPARATION FOR THE OGE FOR PHYSICS

Tishkova S.A., Kolomin V.I.

Astrakhan State University, Astrakhan, e-mail: svetatish70@mail.ru, kolominagu@mail.ru

The article describes the method of developing students' experimental skills in preparation for the final attestation in physics. This method is based on the activity approach to learning. According to this theory, knowledge is not considered apart from activity, but as an end product. All elements of knowledge are the result of a certain activity. Therefore, it is possible to control the process of learning and creating knowledge through the specially organized activity of students. Experimental assignments in the OGE require students to understand clearly the basic laws of physics, the ability to put forward hypotheses, plan and model their activities. In contrast to the standard conduct of front-end laboratory works, this approach presupposes the independent work of students in developing a plan for performing the task, selecting physical instruments for conducting the experiment. The method is formed in a generalized form. Assimilation of each action of the method occurs in stages, as learning new knowledge. This technique allows students to successfully complete the OGE tasks related to the experiment in the second part and the tasks of the first part, in which it is necessary to give the correct answer when analyzing the experimental setup or the experimental data presented in the figure or in the table.

Keywords: experimental tasks, modeling, activity approach, problem solving, preparation for the OGE

Актуальность данной темы связана со следующими проблемами при изучении физики. В настоящее время познавательный интерес учащихся к физике снижен, что привело к снижению уровня подготовки учащихся в целом. Снижению интереса к изучению физики способствовало уменьшение количества часов, отводимых на изучение этого предмета. За два часа в неделю учитель с трудом успевает рассмотреть теоретический материал. Но формирование практических навыков, жизненно необходимых учащимся, не может успешно осуществляться без применения теоретических знаний на практике. А это возможно только при обучении учащихся решению практически значимых и экспериментальных задач. Раньше требовалось 15–16% учебного времени отводить на лабораторные работы, теперь об этом требовании никто даже не вспоминает из-за нехватки часов. С другой стороны, в ОГЭ по физике для учащихся 9 классов введены задачи экспериментального характера. Да и на олимпиадах и конкурсах различного уровня от учащихся требуется владение навыками решения экспериментальных задач. Поэтому обучение учащихся выполнению экспериментальных заданий является главной и важной деятельностью учителя на уроках физики.

Физика – это наука, в которой сочетаются теоретическая и практическая части. Существуют, конечно, фронтальные лабораторные работы, в которых учащимся, как правило, разделенным на подгруппы по несколько человек, предлагается самим провести некоторые опыты и сделать из-

мерения с последующим расчетом. Тут возникает сложность: не всегда в школьном кабинете физики есть достаточное количество комплектов приборов и оборудования для проведения таких работ. Да и выполняя работу по предложенному сценарию, учащиеся мало понимают, что они делают. Это приводит к угасанию интереса учащихся к выполнению этой деятельности и к изучению физики в целом. При проведении экзамена в формате ОГЭ многие учащиеся не выполняют задание № 23 (экспериментальное исследование), вообще боятся брать приборы в руки и проводить с ними какой-либо эксперимент, так как не понимают назначение приборов, их принцип действия и как с ними работать.

Поэтому с целью повышения интереса к физике, осознанного подхода к постановке и проведению эксперимента нами была предложена методика формирования у учащихся экспериментальных умений. Эта методика основывается на психолого-педагогической теории деятельности.

Суть данной теории заключается в том, что процесс обучения понимается как обобщение полученных знаний и образование определённых понятий. Согласно теории А.Н. Леонтьева, формирование личности – это развитие индивидуальной системы деятельности, в глубинах которой прячется развитие мотивационной сферы. Воспитание с этих позиций – это включение школьников в деятельность на основе наличных потребностей и мотивов и перестройка мотивов в процессе совершения деятельности. Учитель, опираясь на собственную активность школьников, строит деятельность в соответствии с социальными и педагогическими ориентациями [1].

Процесс обучения учащихся обобщенным методам познавательной деятельности мы будем строить в соответствии со следующими положениями:

1. Для осмысления содержания обобщенного метода поиска решения физических задач он должен быть выделен самими учащимися.

2. Содержание обобщенного метода обязательно должно стать предметом усвоения.

3. Учащихся необходимо специально обучать планированию своих действий по выполнению определенных заданий с опорой на обобщенный метод.

4. Для обучения учащихся планированию своих действий с опорой на обобщенный метод необходимо разработать специальные дидактические средства, побуждающие к многократному применению этого метода.

5. Формирование обобщенного метода поиска решения физических задач возможно только в том случае, когда учащиеся уже обучены способам выполнения каждого действия, входящего в его содержание [2, 3].

Согласно теории деятельности, знания рассматриваются не обособленно от деятельности, а как ее конечный продукт. Поэтому можно управлять процессом усвоения знаний через управление формированием тех видов деятельности, которые выполняются с опорой на эти знания. Обучать деятельности – это значит делать учение мотивированным, учить школьников самостоятельно ставить перед собой цель, находить пути и средства по ее достижению, формировать у учащихся умения контроля и самоконтроля, оценки и самооценки.

При таком подходе для проведения лабораторной работы необходим вводный урок, на котором выделяется общая система действий. Эта система действий включает в себя следующие положения:

1. Выделите физическое явление или закон, которые необходимо воспроизвести.

2. Выберите метод выполнения работы, т.е. способ воспроизведения физического явления или закона.

3. Выясните, какие физические величины надо: измерить; изменить; вычислить; оставить постоянными. Получите расчетные формулы.

4. Подберите необходимые приборы и оборудование.

5. Составьте схему установки.

6. Разработайте программу проведения эксперимента.

7. Составьте таблицу.

8. Проделайте вычисления и оцените погрешность измерения.

9. Сделайте вывод.

10. Ответьте на контрольные вопросы.

Учащиеся самостоятельно разрабатывают план действий. Потом эта система действий обсуждается, конкретизируется и уточняется. После того, как эта система действий выделена, учащимся даются только названия лабораторных работ и цель. На уроке или дома ученики разрабатывают данную работу по предложенному плану, выбирают метод выполнения работы, подбирают приборы, составляют схему установки. Потом на следующем уроке обсуждаются предложения учеников, выбирается та принципиальная схема установки, которая соответствует имеющимся приборам. Далее лабораторные работы проделываются и оформляются в тетради.

Приведем пример выполнения и оформления лабораторной работы в старших классах.

Определение коэффициента поверхностного натяжения капельным методом

1. Физическое явление: Поверхностное натяжение.
2. Воспроизведение физического явления: капельница для отмеривания N капель.
3. Физические величины, которые необходимо:
измерить: $m_{ст}$, m.
вычислить: $m_в = m-m_{ст}$;
оставить постоянными: N = 70 капель, d = 1,5 мм.
4. Приборы: капельница, весы с разновесом, стакан.
5. Схема установки.
6. Программа:
1) взвесить пустой стакан ($m_{ст}$);
2) отсчитать 70 капель;
3) взвесить стакан с водой (m);
4) вычислить массу воды в стакане ($m_в$);
5) вычислить массу одной молекулы воды (m_0);
6) найти коэффициент поверхностного натяжения (σ).
7. Таблица:

Вещество	$m_в$, кг	N, капель	m_0, кг	d, м	σ, н/м	Δm, г	Δd, мм	ε,%	Δσ, н/м
Вода		70		$1{,}5\cdot10^{-3}$		0,01	0,05		

8. Вычисления.
9. Вывод.
10. Ответы на контрольные вопросы.

Изучение резонанса в электрическом колебательном контуре

1. Физическое явление: Явление резонанса.
2. Способ воспроизведения физического явления: обнаружить резонанс путем исследования зависимости силы тока от частоты переменного тока. А также исследовать влияние активного сопротивления на форму резонансной кривой.
3. Физические величины, которые необходимо:
измерить: I, ν
оставить постоянными: U = 4В.
4. Приборы: генератор звуковой, миллиамперметр, катушка от трансформатора, конденсатор, реостат.
5. Схема установки:

Рис. 1. Схема электрической цепи для исследования зависимости силы тока от частоты переменного тока

6. Программа:
1) собрать цепь без реостата, установить напряжение 4В;
2) менять частоту от 200 до 2000 Гц ступенями;
3) измерить ток, поддерживая постоянным напряжение;
4) построить график резонансной кривой;
5) включить реостат и проделать то же;
6) построить график в тех же координатах. Объяснить различия.
7. Таблица:

ν, Гц	200	400	600	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000
I, мА										
I, мА										

8. Вычисления.
9. Вывод.
10. Ответы на контрольные вопросы.

Но прежде чем эта система действий будет выделена учащимися, необходимо каждое действие сформировать отдельно. Такая работа начинается уже с 7 класса, при формировании понятий физическое явление, величина или закон. Например, для усвоения понятия физическое явление, необходимо дать упражнения на распознавание и воспроизведение конкретного физического явления.

При этом формулируется цель деятельности следующим образом [4]:

– по распознаванию физического явления:

1) выделите данное физическое явление среди предложенных;

2) найдите среди следующих явлений данное;

3) укажите, в каких случаях имеет место данное явление.

– по воспроизведению физического явления:

1) воспроизведите данное физическое явление с помощью приборов;

2) разработайте экспериментальную установку для воспроизведения данного физического явления.

Также необходимо отдельно обучать действию составления схемы экспериментальной установки и оцениванию погрешности эксперимента. В 8 классе можно выделить метод в обобщенном виде и использовать его при проведении фронтальных лабораторных работ.

Проводя лабораторные работы в таком формате, можно добиться хорошей подготовки учащихся к выполнению экспериментального задания в ОГЭ по физике. В этих заданиях уже не нужно подбирать приборы, они перечисляются в условии. Также указывается цель деятельности. Рассмотрим примеры из ОГЭ по физике [5].

Задание № 1. Используя штатив с муфтой и лапкой, пружину, динамометр, линейку и три груза, соберите экспериментальную установку для измерения жесткости пружины. Определите жесткость пружины, подвесив к ней три груза.

1. Физический закон: Закон Гука.

2. Способ воспроизведения: Поочередное подвешивание грузов к пружине и установление зависимости силы упругости от величины растяжения пружины. Для определения силы упругости используется условие равновесия груза на пружине.

3. Физические величины, которые необходимо:

измерить: Δl – удлинение пружины;

вычислить: $F_{упр} = mg$; $k = mg/\Delta l$.

4. Схема установки:

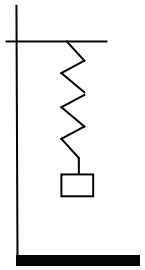


Рис. 2. Груз, подвешенный на пружине для определения её жесткости

5. Программа эксперимента:

● Динамометром определить вес груза.

● Подвесить груз к пружине и измерить ее удлинение.

● Подвесить еще один груз и измерить удлинение пружины.

● Подвесить третий груз и измерить удлинение пружины.

● Построить график зависимости силы упругости от удлинения пружины.

● Вычислить жесткость пружины в каждом случае.

6. Таблица:

№ п/п	m, кг	Δl, м	k, Н/м	$k_{ср}$, Н/м
1				
2				
3				

7. Вычисления.

8. Вывод.

Задание № 2. Исследуйте зависимость силы электрического тока в резисторе от напряжения на его концах. Используйте источник тока, вольтметр, амперметр, ключ, реостат, резистор, соединительные провода.

1. Физический закон: Закон Ома.

2. Способ воспроизведения: Установив с помощью реостата поочередно силу тока в цепи 0,4 А, 0,5 А и 0,6 А и измерив в каждом случае значение электрического напряжения на концах резистора, построить график зависимости I(U).

3. Физические величины, которые необходимо:

измерить: U – напряжение на резисторе.

4. Схема установки:

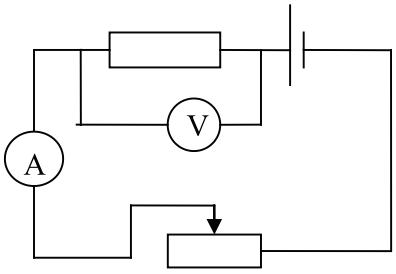


Рис. 3. Схема электрической цепи для исследования зависимости силы тока от напряжения на резисторе

5. Программа эксперимента:

● Собрать электрическую цепь по схеме.

● Установить значение силы тока 0,4 А и снять показания вольтметра.

● Изменить с помощью реостата силу тока в цепи: 0,5 А и 0,6 А. Записать при этих значениях показания вольтметра.

● Составить таблицу.

● Построить график зависимости силы тока от напряжения на концах резистора.

6. Таблица:

I, A	0,4	0,5	0,6
U, B			

7. Вычисления.

8. Вывод.

Преимущество такого метода проведения лабораторно-практических занятий заключается в том, что учащиеся осознанно проделывают работу, глубже понимают учебный материал, учатся планировать свою деятельность, продумывают несколько способов выполнения работы. Даже приносят свое оборудование для выполнения работы.

Данная методика помогает быстро и качественно подготовить учащихся к применению полученных экспериментальных умений для решения различных заданий ОГЭ по физике.

Список литературы

1. Леонтьев А.Н. Деятельность, сознание, личность. – М.: Политиздат, 1975. – 304 с.

2. Тишкова С.А. Моделирование при решении физических задач // Развитие познавательной активности обучающихся в инновационной образовательной среде: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: 27–28 апреля 2011 г., г. Киров / под ред. В.С. Данюшенкова. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2011. – С. 253–258.

3. Кузьмина А.Н. Формирование системы обобщенных способов деятельности как средство подготовки школьников к итоговой государственной аттестации по физике: автореф. ... дис. канд. пед. наук / Кузьмина Александра Николаевна. – Волгоград, 2016. – 25 с.

4. Стефанова Г.П., Крутова И.А. Задачи учителя при организации учебного процесса, обеспечивающего подготовку учащихся к итоговой государственной аттестации по физике // Школа будущего. – 2017. – № 3. – С. 198–205.

5. Камзеева Е.Е. ОГЭ 2018. Физика. 14 вариантов. Типовые тестовые задания от разработчиков ОГЭ / Е.Е. Камзеева. – М.: Издательство «Экзамен», 2018. – 183 с.

УДК 37.02:372.8

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ТРЕНАЖЕРА ПО ГЕОМЕТРИИ СРЕДСТВАМИ ГИПЕРТЕКСТОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Троицкая Е.А.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: troickiyv@mail.ru

В статье рассмотрен вопрос разработки эффективного электронного тренажера, который обеспечивает индивидуализацию процесса тестирования. Описан один из возможных вариантов электронного тренажера, реализованного средствами гипертекстовой технологии. Выделены и обобщены основные особенности проектирования электронных обучающих материалов с применением гипертекста. Показаны преимущества применения технологии гипертекста при проектировании электронного тренажера, обеспечивающего реализацию индивидуального подхода к процессу формирования умений и навыков обучающегося по геометрии. Описана методика организации тестирования, реализованная при разработке данного тренажера. Особенностями ее построения являются структурированность содержания обучения и формирования его в виде функциональных модулей, а также наличие многоуровневой системы тестирования, которая позволяет формировать траекторию тестирования в соответствии с индивидуальными особенностями обучающегося. Особое внимание уделяется описанию системы помощи пользователю, реализуемой в форме подсказок. Отмечено, что апробация электронного тренажера проводилась в процессе дистанционного обучения учащихся ресурсного сетевого центра естественно-математического и инженерно-технического образования. Результаты экспериментальной работы показали эффективность тренажера для организации удаленного процесса обучения, возможность формирования персональной траектории тестирования для каждого обучающегося, а также эффективность применения при различных формах учебных занятий.

Ключевые слова: электронный тренажер, гипертекстовая технология, персональная траектория тестирования

DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC SIMULATOR ON GEOMETRY BY MEANS OF HYPERTEXT TECHNOLOGY

Troitskaya E.A.

A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University, Vladimir, e-mail: troickiyv@mail.ru

This article discusses the development of an effective electronic simulator that provides individualization of the testing process. The main features of the design of electronic teaching materials using hypertext are identified and summarized. The advantages of application of technology of hypertext in the design of electronic training simulator, ensuring the realization of individual approach to the process of formation and skills of the student in geometry. The technique of testing organization, implemented during the development of this simulator, is described. The technique of testing organization, implemented during the development of this simulator, is described. The peculiarities of its construction are the structure of the content of training and its formation in the form of functional modules, as well as the presence of a multi-level testing system that allows you to form the trajectory of testing in accordance with the individual characteristics of the student. Particular attention is paid to the description of the user assistance system, implemented in the form of tips. Noted that the testing of e-trainer was conducted in the process of distance education students in the resource network of the center for mathematics and science and engineering education. The results of the experimental work showed the effectiveness of the simulator for the organization of the remote learning process, the possibility of forming a personal trajectory of testing for each student, as well as the effectiveness of the use in various forms of training.

Keywords: electronic simulator, hypertext technology, personal trajectory of testing

Проектирование электронных обучающих материалов с применением технологий гипертекста и мультимедиа является достаточно сложной методической и технико-технологической задачей. Однако в настоящее время в связи с широким применением дистанционных технологий обучения потребность в качественных и методически грамотно разработанных электронных образовательных ресурсах постоянно возрастает. В зависимости от целей его применения электронный учебник может выполнять различные дидактические функции – энциклопедии, тренажера, самоучителя.

Разработкой электронных учебных материалов и обучающих систем на данный момент занимаются фирмы, специализирующиеся на компьютерных средствах обучения, например «1С», «Логос», «Кирилл и Мефодий» и некоторые другие [1].

Однако при более подробном ознакомлении с продукцией этих и других фирм можно заметить, что достаточно хорошо разработаны методические и технологические подходы к созданию таких видов электронных обучающих материалов, как энциклопедия, являющаяся базовой формой электронного учебника, и задачник, который наиболее естественно осуществляет обучающую функцию.

Электронный тренажер является наиболее простой формой электронного учеб-

ника. Его главное отличие от тестов в печатной форме – наличие интерактивного взаимодействия, диалога между обучающимся и обучающей системой. Основную дидактическую сложность при разработке электронного тренажера составляет отбор и формирование контролирующих материалов, позволяющих получить объективную картину и оценить знания, умения и навыки, которыми владеет учащийся. Именно поэтому одним из перспективных направлений повышения качества поддержки информационного сопровождения образовательного процесса является создание электронных тренажеров, предусматривающих возможность подачи большого количества текстовых и иллюстративных обучающих материалов на основе применения гипертекстовых, гипермедийных приложений в целях создания благоприятных условий для реализации системы дидактических методов, способов, приемов организации процесса обучения и самообучения [2].

Отличие гипертекстовой технологии в процессе управления информацией от других технологий (например, СУБД) состоит в том, что в основе деятельности пользователя лежит процесс ознакомления с определенным предметом или явлением посредством просмотра информационных фрагментов, связанных между собой по смыслу, который осуществляется в определенной последовательности, обусловленной целью пользователя. В отличие от линейного текста возможность варьирования последовательности ознакомления в условиях гипертекста происходит за счет разбиения информации на отдельные фрагменты, имеющие единый смысловой контекст. Между данными фрагментами (темами) устанавливается связь, что позволяет пользователю свободно переходить от одной изучаемой в текущий момент темы к другой, связанной с ней. С точки зрения удовлетворения различных целей пользователя гипертекст обладает большой гибкостью за счет большого количества связей между темами.

Электронный учебник, построенный на технологии гипертекста, может, сохраняя все возможности обычных учебников, обладать качествами, которые обеспечиваются включением элементов гипермедиа и виртуальной реальности. В первую очередь это относится к повышению уровня наглядности, иллюстративности и высокой степени интерактивности, что позволяет применять новые формы структурирования и представления больших объемов информации и знаний, а также возможности эффективного поиска необходимой информации.

Гипертекстовая система позволяет представлять информацию в виде определенного графа, узлами которого являются определенные текстовые элементы, например предложения, абзацы, страницы, статьи, либо книги. Между узлами имеются связи, с помощью которых можно осуществлять переход от одного текстового элемента к другому [3]. Важной характеристикой гипертекстовой системы является реализация навигации в среде гипертекста. В современных гипертекстовых системах для этих целей применяются специальные системы управления базами данных, элементами которых являются фрагменты гипертекста.

При разработке электронных обучающих материалов средствами гипертекстовых технологий необходимо учитывать следующие требования, а также предоставляемые ими преимущества [4]:

- содержательный контент по предмету должен быть хорошо структурирован, и представлять собой обучающие модули с ограниченным числом новых понятий;
- соответствие структурных элементов учебного курса ключевым темам гипертекста, содержащим иллюстрации, аудио- и видеокомментарии;
- при наличии в обучающей системе сложных моделей необходимо сопровождать мгновенными подсказками, синхронизированными с движением курсора к отдельным элементам программы, а также в гипертекстовую систему необходимо заложить возможность увеличения отдельные элементов иллюстраций и копирования;
- в интерфейсе гипертекстового учебника в отличие от просто электронного учебника, где обычно используется многооконный интерфейс, связанная информация свободно доступна посредством гиперссылок, поэтому от многооконного интерфейса можно отказаться;
- текстовая составляющая гипертекстового учебника является мощным средством поиска и индексом одновременно, что позволяет сократить время поиска необходимой информации;
- электронный курс, реализованный средствами гипертекстовой технологии, должен иметь возможность копирования и редактирования необходимой информации, а также распечатку на принтере;
- электронный учебник на основе гипертекста обладает нелинейной, разветвленной структурой и предоставляет возможности педагогу-разработчику заложить посредством навигации оптимальную траекторию изучения материала.
- содержание учебного материала в соответствии с требованиями психологов,

рекомендуется разбивать на модули. Освоение конкретного материала должно быть ориентировано не более чем на два часа контактного времени.

Одним из основных методических требований, которое предъявляется при разработке электронных учебников – это дидактически оправданное использование мультимедийных средств, виртуальной реальности, трехмерного изображения (не для создания модных эффектов), а лишь в случае, когда это определяется самим представленным материалом и помогает лучше понять исследуемый объект или явление.

В соответствии с вышеизложенными требованиями и особенностями разработки электронных образовательных ресурсов средствами гипертекстовой технологии на кафедре «Информатика и защита информации» Владимирского государственного университета в рамках экспериментальной программы «Школа-ВУЗ» был разработан и апробирован электронный тренажер по геометрии для подготовки учащихся 9 классов к ОГЭ по геометрии.

Структура электронного учебника (рис. 1) состоит из таких тем, как:

- основные понятия и утверждения геометрии;
- вычисления длин;
- вычисления углов;
- вычисление площадей;
- тригонометрия;
- векторы на плоскости.

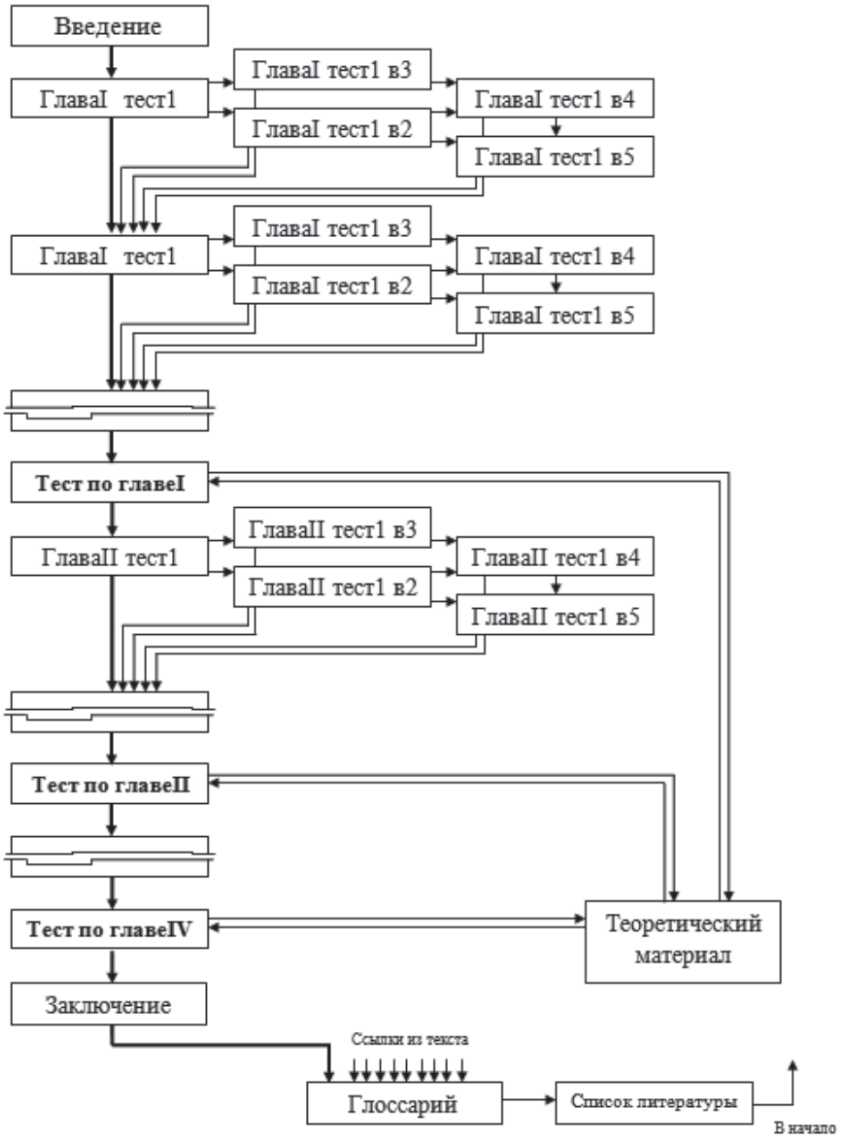


Рис. 1. Структура электронного тренажера

Данные разделы входят в учебный план девятого класса по дисциплине «Геометрия» и представляют необходимый минимум знаний для решения типовых задач ОГЭ по математике (часть 2, Геометрия) [5].

Основной методической целью при разработке тренажера являлось создание электронного ресурса, который можно эффективно использовать как для проведения занятий под руководством преподавателя, так и для самостоятельной подготовки и проверки знаний по дисциплине «Геометрия». В соответствии с целью была разработана структура тренажера, которая содержит следующие модули: методический, теоретический и контрольный. Методический модуль состоит из введения, оглавления и заключения, в которых формулируются цели и задачи обучения, а также содержится информация о содержании обучения – основных разделах и темах, входящих в курс. Теоретический модуль представлен глоссарием и сведениями по теории, которые необходимы для формирования подсказок. Контрольный модуль содержит базы данных типовых заданий для формирования тестов различного уровня сложности.

В тренажере реализована многоуровневая тестовая система. Она позволяет дифференцировать обучающихся по уровню освоения материала и организовывать персональную траекторию тестирования для каждого пользователя тренажера. Суть методики состоит в следующем. В тренажере используется система помощи (через подсказки), которая способствует активизации мыслительной деятельности учащихся. Подсказкой будем называть любую коррекцию действий обучаемого, как на этапе обучения, так и на этапе проверки полученных знаний. Изначально обучающемуся предлагается базовый вариант теста, который ограничен по времени. В случае его успешного прохождения происходит переход к следующему тесту (рис. 2). Здесь представлен тест с выбором ответа «верно» – «неверно». Обучающемуся предлагаются также тесты на вычисление, в которых необходимо ввести получившийся ответ в виде числа (рис. 3).

Каждый тест снабжен таймером, который находится слева от самого теста и указывает на количество оставшегося времени. При пролистывании страницы таймер движется за пользователем, тем самым нет необходимости отвлекаться и искать его для выяснения количества времени.

Если обучающийся завершил выполнение теста преждевременно из-за пропуска какого-либо вопроса, программа выдаст сообщение и перенаправит его на пропущенный вопрос.

По окончании каждого теста формируется сообщение с итоговыми результатами и возможностью повторного просмотра ответов на предмет их корректировки.

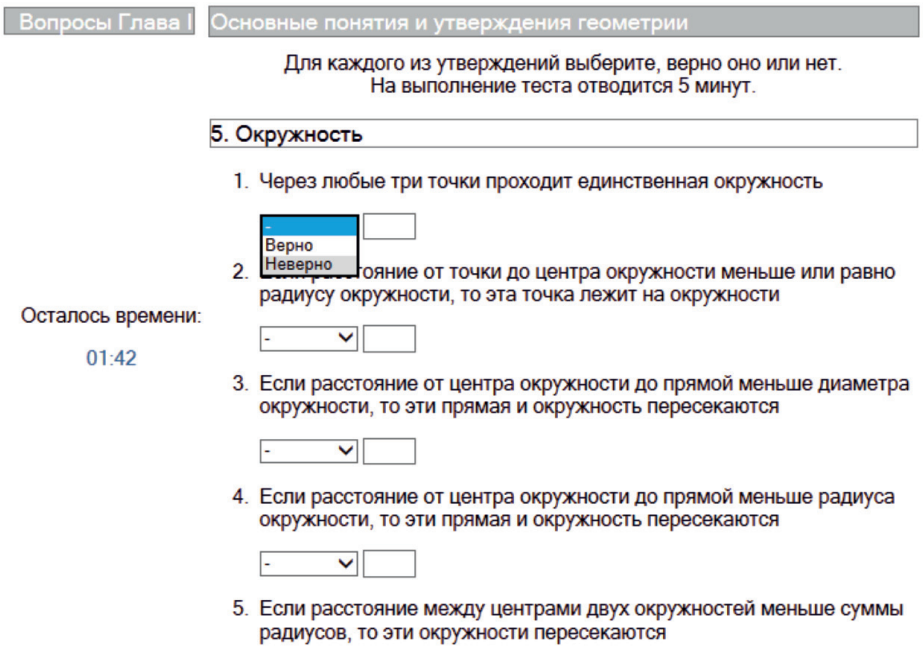


Рис. 2. Тест по первой главе с выбором ответа

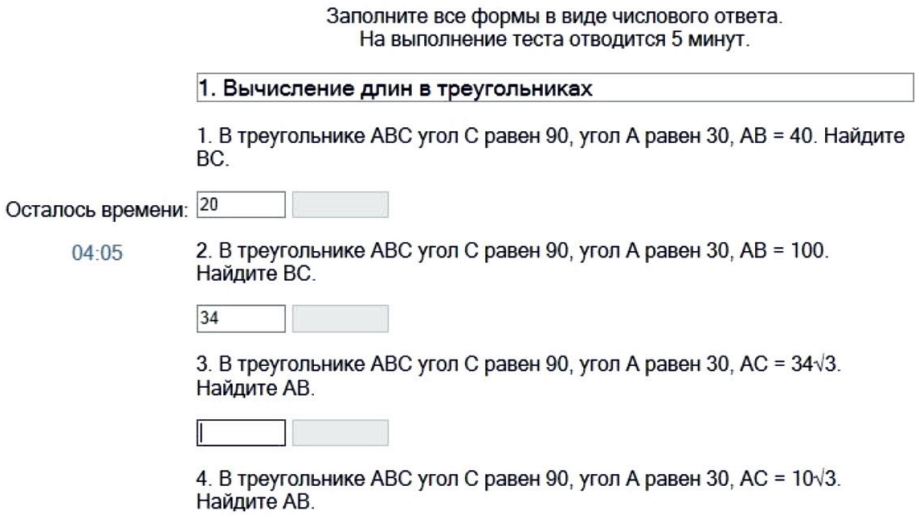


Рис. 3. Тест с заполнением ответа

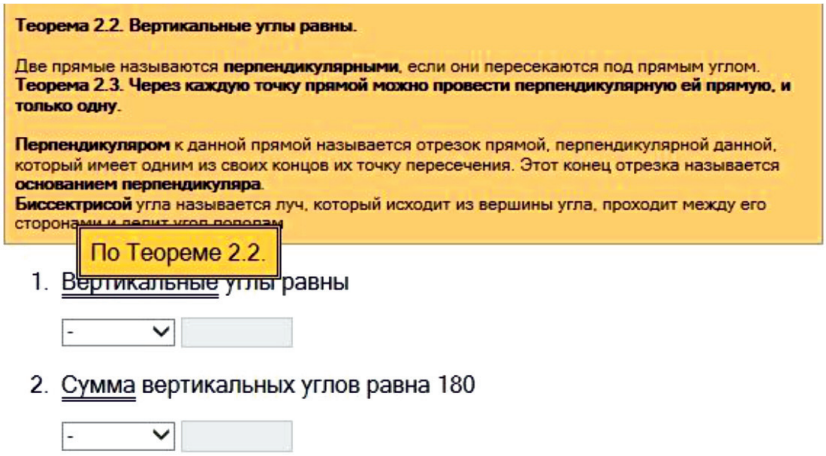


Рис. 4. Тест с всплывающими подсказками и теорией

Тренажер предоставляет несколько вариантов прохождения каждого теста. Если обучающийся не уложился в запланированное время, то ему предлагается этот тест, но без ограничений во времени. В случае если обучающийся неправильно отвечает на вопрос базового теста, ему предоставляется в помощь теоретический материал. При неудовлетворительном прохождении упрощенных вариантов теста предоставляется возможность проходить тест без ограничения времени и использовать теоретический материал.

В случае нескольких неудач сложность теста упрощается до минимума и включается система подсказок (рис. 4). Обучающийся переходит в режим тестирования, при котором всплывающие подсказки формируются на каждый вопрос в тесте. Например, при ответе на утверждение «Вертикальные углы равны» всплывающая подсказка укажет на теорему в теоретическом материале с явным ответом на вопрос. При неудовлетворительном прохождении последнего варианта обучающемуся предоставляется возможность посмотреть правильность ответов на каждый вопрос. Тем самым происходит процесс закрепления и отработки навыков решения типовых задач ОГЭ.

Таким образом, реализуется принцип индивидуализации процесса обучения, и в зависимости от способностей и знаний обучающегося тренажером каждому предлагается персональная образовательная траектория. Практика показала, что у более подготовленного обучающегося процесс прохождения тестирования занимает время, определенное нормами проведения ОГЭ, а теоретический материал и подсказки практически не востребованы. Более слабый тестируемый имеет возможность

несколько раз проходить тест, используя теоретический материал и подсказки, тем самым повышая уровень знаний и навыков в данной предметной области, а также формируя собственные способы владения учебной деятельностью.

Таким образом, обучающийся при применении данного электронного тренажера может самостоятельно выбрать тему и проверить свои знания без вмешательства со стороны преподавателя. Программа в зависимости от способностей учащегося выстроит индивидуальную траекторию прохождения тестов.

Проведение факультативов по геометрии в удаленном режиме с учащимися сетевого ресурсного центра развития естественнонаучного и инженерно-математического образования Собинского района Владимирской области показало, что данный электронный тренажер эффективен при обучении как в режиме реального времени, так и при организации занятий в отложенном режиме. Также очень полезным и целесообразным является применение тренажера для проведения практических тестов и зачетов, а также подготовки к экзаменам – его блок контрольных вопросов и практических заданий как нельзя лучше подходит для этой цели.

Список литературы

1. Данилов О.Е. Разработка обучающих программ с помощью инструментов для создания компьютерных игр // Молодой ученый. – 2014. – № 3. – С. 899–901.

2. Христочевский С.А. Электронные мультимедийные учебники и энциклопедии / С.А. Христочевский // Информатика и образование. – 2000. – № 2. – С.70–77.

3. Система формирования знаний в среде Интернет / В.И. Аверченков, А.В. Заболеева-Зотова, Ю.М. Казаков [и др.]. – М.: ФЛИНТА, 2016. – 181 с.

4. Троицкая Е.А. Психолого-педагогические основы проектирования информационных систем в образовании: учеб. пособие в 2 ч. Ч. 2 / Е.А. Троицкая, Т.В. Спирина; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГу, 2015. – 127 с.

5. Государственная итоговая аттестация, 2018 [Электронный ресурс]. – URL: http://4ege.ru/gia-matematika/55303-demoversiya-oge-2018-po-matematike.html (дата обращения 15.02.2018).

УДК 373.2

СУЩНОСТЬ И ЗНАЧЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Чернобровкин В.А., Пустовойтова О.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: chernobrov.vl@mail.ru, olgapustovojtova@yandex.ru

Настоящая статья посвящена исследованию сущности и значения проектной деятельности в воспитательно-образовательном процессе современной дошкольной образовательной организации. В работе обосновывается актуальная значимость современной проектной деятельности, определяются факторы её успеха, ключевые цели проектного обучения; рассматриваются принципы, виды, технологии организации и проведения поэтапной работы, результаты и продукты современного проектирования, влияния проектной деятельности на развитие различных способностей детей дошкольного возраста. Представлены основные направления работы и тематика различных видов современной проектной деятельности, актуализируется реализация образовательного проекта ТЕМП в условиях ДОО г. Магнитогорска. В аспекте выявления сущностной значимости проектной деятельности в дошкольной организации раскрывается её результативность в обеспечении преемственности дошкольного и начального общего образования, непрерывности образования в целом, определяются основные выводы и перспективы развития проектной деятельности. Подводятся итоги сущности и значения проектной деятельности в современной дошкольной образовательной организации, касающиеся того, что проектная методология в дошкольном образовании интегрирует воспитательно-образовательный процесс, позволяет повысить самостоятельность, целеустремленность детей, способствует развитию их творческого мышления, воображения, экспериментирования, умственных способностей, навыков поисковой деятельности ребенка.

Ключевые слова: дошкольное образование, проектная деятельность в ДОО, принципы организации проектной деятельности, технологии современного проектирования, образовательный проект, содержание и структура проекта

ESSENCE AND IMPORTANCE OF PROJECT ACTIVITY FOR MODERN PRESCHOOL EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

Chernobrovkin V.A., Pustovoytova O.V.

Federal State Financed Educational Institution of Higher Education Magnitogorsk State Technical University named after Nosov, Magnitogorsk, e-mail: chernobrov.vl@mail.ru, olgapustovojtova@yandex.ru

The present article is dedicated to the study of the essence and significance of project activity in the educational and educational process of a modern pre-school educational organization. The work substantiates the actual significance of modern project activity, determines the factors of its success, the key objectives of project training; principles, types, technologies of the organization and carrying out of stage-by-stage work, results and products of modern designing, influence of design activity on development of various abilities of children of preschool age are considered. The main directions of work and themes of various types of modern project activity are presented, the implementation of the TEMP educational project in the conditions of the city of Magnitogorsk is actualized. In terms of identifying the essential importance of project activities in the pre-school organization, its effectiveness in ensuring continuity of preschool and primary general education, the continuity of education in general, reveals the main findings and prospects for the development of project activities. The essence and significance of the project activity in the modern preschool educational organization are summed up, concerning the fact that the project methodology in pre-school education integrates the educational process, allows increasing the independence, purposefulness of children, contributing to the development of their creative thinking, imagination, experimentation, activity of the child.

Keywords: preschool education, project activities in the OED, the principles of organization of project activities, educational project, content and structure of the project

Современные тенденции развития общества, изменения, происходящие в социальной сфере и в первую очередь в образовании, обусловлены желанием потребителей образовательных услуг получить не только теоретические знания, но и практические навыки их применения. Современная государственная образовательная политика ориентирована на удовлетворение потребностей обучающихся на всех уровнях. В этой связи всё большую актуальность и популярность в педагогической среде приобретает метод проектной деятельности, который способствует развитию познавательной активности обучающегося, формированию мотивационной готовности к учебной деятельности, продуктивному взаимодействию со сверстниками и взрослыми.

Исследователь А.В. Хуторской полагает, что ценность проектного обучения состоит в том, что она ориентирует детей на создание итогового продукта проектной деятельности, на достижение практического результата [1, с. 338].

В.В. Гузеев называет метод проектов «технологией четвертого поколения», кото-

рая позволяет решать задачи инновационного характера, предполагает интерактивную форму взаимодействия всех участников образовательного процесса, что способствует развитию творческого потенциала личности [2, с. 194–207].

Особое место проектный метод обучения занимает в образовательном процессе дошкольной образовательной организации (ДОО). Для ДОО проектная деятельность является инновационной педагогической технологией. Успех проектной деятельности в ДОО обусловлен многими факторами, среди них: обеспечение тесного взаимодействия и сотрудничества педагога с воспитанниками и их родителями, формирование у детей раннего социального позитивного опыта реализации собственных идей, оригинального мышления, способности принимать нестандартные выводы при решении поставленных задач. Новая парадигма педагогики, как отмечают современные исследователи, смещает центр проблем с формирования знаний, умений и навыков на целостное развитие личности ребенка [3, с. 13].

Данные положения обусловили выбор тематической направленности настоящего исследования и определили в качестве основной цели – выявление сущности и значения проектной деятельности в воспитательно-образовательном процессе современной дошкольной образовательной организации, определение ключевых задач проектного обучения, факторов успешности, принципов, видов, технологий организации и проведения поэтапной работы, результатов и продуктов современного проектирования, влияния проектной деятельности на развитие различных способностей детей дошкольного возраста, представление тематики реализации видов проектной деятельности на примере ДОО г. Магнитогорска.

Одной из ключевых целей проектной деятельности и проектного обучения является создание особых условий, при которых у обучаемых появляется стимул для самостоятельного поиска требуемых и недостающих знаний, который может реализовываться из различных источников. В этом отношении в проектной деятельности обнаруживаются черты сходства с концепцией развивающего обучения.

В Федеральном государственном образовательном стандарте дошкольного образования № 1155 от 17.10.2013 г., который вступил в действие с 01.01 2014 г., определен портрет современного выпускника ДОО, обозначены целевые ориентиры. У дошкольника должны быть сформированы такие качества, как умение следовать правилам и нормам, принятым в обществе; в отношении сформированности социально-коммуникативных компетенций: умение взаимодействовать, сочувствовать, сопереживать, содействовать, уважать других людей, оказывать помощь; развития художественно-эстетического вкуса: способность понимать и воспринимать произведения искусства, в частности музыку, художественную литературу, фольклор, сопереживать персонажам художественных произведений, проявлять самостоятельную творческую деятельность (изобразительную, конструктивно-модельную, музыкальную и др.).

Проектная деятельность также представляет собой вид педагогической работы, которая востребована в связи с реализацией федеральных государственных образовательных стандартов в работе дошкольных образовательных организаций. Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования (ФГОС ДО) регламентирует содержание и структуру основной образовательной программы дошкольного образования. Она должна строиться с учетом принципа интеграции образовательных областей (познавательное, художественно-эстетическое, физическое, социально-коммуникативное, речевое развитие), в соответствии с возрастными особенностями и возможностями детей и сферой их интересов. Проектная деятельность полностью отвечает данному требованию и способствует, как отмечают многие современные педагоги, усилению направленности современной государственной политики в области дошкольного образования на создание условий для обеспечения доступности и качества дошкольного образования [4, с. 172].

Практический опыт педагогов показывает, что правильная организация проектной деятельности способствует развитию социально-коммуникативных и регуляторных способностей ребенка. В процессе проектной деятельности дошкольники приобретают необходимые социальные навыки: дети становятся внимательнее и терпимее друг к другу, начинают руководствоваться не только собственными мотивами, но и нормами и правилами, принятыми в обществе. Наблюдения показывают, что меняется характер и содержание сюжетно-ролевых игр дошкольников, они становятся более разнообразными, сложно структурированными, приближенными к реальной действительности.

О пользе применения метода проектной деятельности в образовательном процессе

ДОО говорит тот факт, что благодаря ему можно развивать творческие и умственные способности ребенка, воспитывать такие качества, как самостоятельность, целеустремленность, стремление к постоянному обогащению знаний о мире. Перед педагогом стоит непростая задача, а именно активизировать познавательную и творческую активность ребенка, способствовать формированию уверенности при выборе способа действия в различных ситуациях.

Целью проектной деятельности в дошкольной образовательной организации должен стать активный и любознательный, разносторонне развитый и творчески свободный ребенок. Значимость дошкольного периода обусловлена тем, что именно в этом возрасте происходит общее физическое и психическое развитие ребёнка, которое впоследствии становится фундаментом для выбора им ценностных и нравственных ориентиров, для выстраивания отношений с окружающим миром и самим собой. Именно дошкольное детство является основой для усвоения знаний, умений и развития познавательных интересов формирующейся личности.

В основу организации проектной деятельности в ДОО должны быть положены такие важные принципы проектирования, как открытость, диалогичность, рефлексивность, создание условий для мотивации и стимулирования интересов детей, выстраивание отношений с ребенком на соучастии и сотворчестве; учет возрастных особенностей, индивидуальных, интеллектуальных и физиологических возможностей личности, системности, обеспечения взаимодействия с ребенком в условиях детского сада и семьи. Педагог, прежде всего, должен создать условия, мотивирующие ребенка на осуществление проектной деятельности, ситуацию успеха, где дошкольник будет активным субъектом, деятелем. В ходе такой работы дети проживают созданную ими ситуацию, испытывают положительные или отрицательные эмоции. Реализация проектной работы в ДОО предполагает, что педагог, воспитатель должен овладеть технологией организации и проведения проектной деятельности, так как проектирование – это всегда совместное творчество педагога при обязательном выполнении алгоритма поэтапной работы.

Работа по созданию проекта начинается с определения темы, ее актуальности для современной действительности. Далее формулируется цель проекта, ставятся задачи, решается вопрос о материально-техническом оснащении и собственно осуществляется подготовка к реализации проекта и получению продукта проектной деятельности. Достижение поставленной цели оказывается возможным при совместной деятельности дошкольников с педагогом и родителями, важным условием является должное оснащение развивающей предметно-пространственной среды ДОО. На завершающем этапе воспитанники демонстрируют полученный результат, продукт деятельности.

Продуктами проекта могут быть макеты и модели, газеты выставки, альбомы, праздники, игры, книги, сделанные в совместной деятельности со взрослыми, проектная папка и другое. Ребенок непременно должен увидеть и ощутить плоды своего труда. Для реализации проектной деятельности особо важным является соблюдение правила, касающегося того, что каждый проект должен быть доведен до успешного завершения, оставляя у ребенка чувство гордости за полученный результат.

В дошкольной образовательной организации могут использоваться различные виды проектов: исследовательские, творческие, сюжетно-ролевые, нормативные. В настоящее время, в русле особой необходимости развития патриотической направленности, одной из актуальных является тема Родины. Например, можно реализовать проект с таким названием, как «Мой родной край», для детей старшего дошкольного возраста и родителей. В ДОО г. Магнитогорска многие педагоги работают по программе, разработанной профессором кафедры дошкольного образования Е.С. Бабуновой «Наш дом – Южный Урал». Дошкольники с особым интересом узнают об историческом наследии Южного Урала, коренном населении, традициях и обычаях. Материалы успешно используются детьми и педагогами при подготовке проектов.

В рамках приобщения детей старшего дошкольного возраста к историческому прошлому реализуются проекты с тематикой, посвященной празднованию Дня Победы. Продуктом проектной деятельности могут быть фотовыставки о героях и лицах Великой Отечественной войны, экскурсии в Магнитогорский краеведческий музей и к монументу «Тыл – фронту», выставки детских рисунков «День Победы в моей семье», которые проводятся в Магнитогорской картинной галерее.

В настоящее время в дошкольных образовательных организациях активно реализуется образовательный проект ТЕМП, т.е. технология, естествознание, математика – приоритеты образования, согласно приказу «Об утверждении комплекса мер по созданию образовательного технопарка

«ТЕХНОСИТИ» в городе Магнитогорске». Образовательный проект представляет собой способ организации деятельности обучающихся, предусматривающий комплексный характер деятельности всех его участников по получению образовательной продукции за определенный промежуток времени. Целевыми направлениями проекта ТЕМП в ДОО являются создание мотивационных условий для выбора обучающимися актуальных для региона профессий и специальностей уже на уровне дошкольного образования, формирование инновационной инфраструктуры для развития технологического, естественно-математического образования, технического творчества детей. Реализация образовательного проекта ТЕМП позволяет сформировать у детей определенный элементарный опыт профессиональных действий, способствует ранней профессиональной ориентации.

В ДОО г. Магнитогорска в рамках реализации проекта ТЕМП осуществляются следующие виды деятельности в условиях технологического направления: легоконструирование, робототехника с использованием наборов LEGO DUPLO, LEGO WEDO, LEGO DACTA, ROBOLAB RCX, конструирование («Бумажное ателье», Кормушки для птиц), авиамоделирование («Мы строим Космодром», «Летим к звёздам», «Станция на орбите», «Транспорт», «Великие открытия»). В рамках естественнонаучного направления проводится опытно-экспериментальная, познавательно-исследовательская деятельность (создание метеостанций, разведение огорода, природных зон и другое). В рамках реализации математического направления в образовательных организациях Магнитогорска проводится сенсорное развитие дошкольников, развитие математических представлений, формирование математического, логического и пространственного мышления через использование игр-головоломок, обучение игре в шашки, шахматы, измерение времени, ориентирование в пространстве и др. В итоге, использование детского экспериментирования в педагогической практике работы с дошкольниками является эффективным и необходимым условием развития у детей исследовательской деятельности, познавательного интереса, понятий об окружающей их действительности, что в полной мере соответствует требованиям концепции «ТЕМП» [5, с. 210].

Тематика по освоению данного образовательного проекта в ДОО может включать такие разновидности профессий, как «Труд на селе зимой», «Профессии на стройке», «Сельскохозяйственные профессии», «Орудия труда. Инструменты» и др. Таким образом, знакомство дошкольников с профессиями позволяет расширить представления о многообразии видов профессий, воспитать уважительное отношение к труду взрослых, обогатить знания детей о трудовой деятельности близких им людей, сформировать понимание значимости профессии для человека и потребности в выборе будущей профессии, выявить желания и формирующиеся предпочтения у дошкольников.

Одним из важных условий подготовки качественного проекта является следование паспорту проекта, который используется на презентации или защите и является своеобразным «удостоверением» проекта. Этот документ содержит основные характеристики проекта, его цель, исполнителей, краткое описание, полную информацию о проекте от начала его разработки до выхода проектного продукта содержится в проектной папке, в наполнении которой принимают участие все исполнители.

Метод проектной деятельности предполагает, что педагог-воспитатель будет реализовывать личностно-ориентированный и развивающий подходы, учитывать интересы и желания детей, выстраивать образовательный маршрут, согласно его потребностям, что является непременным условием современного образования. Немаловажное значение в этом отношении имеет нравственно-эстетическое воспитание дошкольника. Подтверждением этого является мнение современных исследователей, касающееся того, что педагогическая наука одной из своих задач видит определение путей и способов нравственно-ценностного воспитания детей [6, с. 43].

Проектная деятельность также может рассматриваться как одна из здоровьесберегающих технологий, исходя из подвижности и двигательной активности детей, способствующих снятию усталости и повышению мотивации к обучению при реализации выполнения проектных задач. Поэтому учебно-воспитательная деятельность педагога, являющегося не только непосредственным проектировщиком, режиссером и контролером образовательного процесса, может рассматриваться, как отмечают специалисты, профессионально ответственной личностью за сохранение здоровья детей в процессе обучения [7, с. 95].

Подводя итоги сущности и значения проектной деятельности в современной дошкольной образовательной организации, необходимо сделать следующие выводы:

1. Использование в образовательном процессе метода проектной деятельности способствует всестороннему развитию вос-

питанников ДОО, позволяет им в дальнейшем успешно осваивать основную образовательную программу начального общего образования, обеспечивает полноценную адаптацию ребенка к школе.

2. Проектная деятельность активно влияет на формирование коммуникативных умений, которые необходимы как дошкольнику, так и учащимся школ. Умение слушать, грамотно излагать свои мысли, выстраивать диалог – важные качества современного успешного человека.

3. Проектная деятельность позволяет установить контакт между воспитателем и родителями своих воспитанников, а также сплотить близких друг другу людей единой целью, которая заложена в тематике проекта. На открытых мероприятиях, проводимых в ДОО, родители наблюдают достижения своих детей и сами становятся активными участниками образовательной деятельности.

4. Особенность проектной деятельности заключается в том, что она целиком выстраивается, исходя из интеллектуальных потребностей и интересов детей. Воспитанники самостоятельно выбирают тему проекта и разработают ее совместно с педагогом и родителями. Это создает мотивационный фон для познавательной активности ребенка, так как его деятельность реализуется не на принуждении, а на желании творить, исследовать, экспериментировать.

5. Проектная методология в дошкольном образовании интегрирует воспитательно-образовательный процесс и позволяет повысить самостоятельность, целеустремленность детей, способствует развитию творческого мышления, умственных способностей ребенка, инициирует в детях самостоятельный поиск информации об интересующих предметах и явлениях окружающего мира и использование этой информации для создания новых продуктов и объектов действительности.

Таким образом, в ходе организации и проведения проектной деятельности происходит взаимное обогащение всех участников образовательного процесса; расширяется кругозор, словарный запас, совершенствуется ораторское искусство, формируется целеустремленность, настойчивость в достижении поставленной цели, отрабатываются навыки поисковой деятельности.

Список литературы

1. Хуторской А.В. Современная дидактика: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2001. – 544 с.

2. Гузеев В.В. Планирование результатов образования и образовательная технология. – М.: Народное образование, 2000. – 240 с.

3. Кувшинова И.А. Здоровьесбережение как необходимый аспект комплексной реабилитации детей с речевой патологией в условиях промышленного города // Логопед: научно-методический журнал. – 2009. – № 6 (38). – С. 13–20.

4. Stepanova N.A., Sannikova L.N., Levshina N.I., Yurevich S.N., Chernobrovkin V.A. Parental evaluation of preschool education quality: is it a problem or an opportunity? Man in India, 2017, vol. 97, no. 5, pp. 171–185.

5. Степанова Н.А. Детское экспериментирование как условие реализации региональной концепции «Темп» // Современные наукоёмкие технологии. – 2016. – № 12–1. – С. 206–210.

6. Бабунова Е.С., Градусова Л.В., Левшина Н.И., Мичурина Ю.А., Степанова Н.А., Турченко В.И., Чернобровкин В.А., Шепилова Н.А. Теоретико-прикладные основы социально-коммуникативного развития дошкольников. – Магнитогорск, 2015. – 329 с.

7. Серегина Е.А., Кувшинова И.А. Педагогические условия здоровьесбережения старшеклассников в период подготовки и сдачи ЕГЭ // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2009. – № 9. – С. 94–98.

УДК 37.01:372.851

КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЯ КАК СРЕДСТВО РЕАЛИЗАЦИИ ПРИКЛАДНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ УЧАЩИХСЯ 5–6-х КЛАССОВ

Эверстова В.Н., Эверстова Т.П.

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, e-mail: vn.ewers@s-vfu.ru

В данной статье авторы рассмотрели возможность реализации прикладной направленности обучения математике учащихся 5–6-х классов посредством кейс-технологии. В практическом аспекте в рамках данного исследования были разработаны кейсы по математике в 5–6-х классах, охватывающие следующие темы: «Деление с остатком», «Числовые выражения», «Площадь прямоугольника, квадрата», «Среднее арифметическое», «Масштаб», «Проценты», «Длина окружности и площадь круга», «Столбчатые диаграммы и графики». В статье приведен один из кейсов, составленных и использованных на уроках математики в 5-х экспериментальных классах по теме «Числовые выражения». Эффективность реализации прикладной направленности обучения математике в 5–6-х классах посредством разработанных кейсов была проверена на основе анализа динамики качества знаний учащихся, мотивации учения, а также степени удовлетворенности учащихся образовательным процессом на уроках математики. Для обработки полученных данных эксперимента использовались методы измерения, сравнения, наблюдения, анкетирования, а также методика «Лесенка побуждений» А.И. Божович, И.К. Марковой. Анализ результатов подтвердил гипотезу о том, что с помощью кейс-технологии, а именно решения задач, описывающих жизненные ситуации, можно реализовать прикладную направленность обучения математике учащихся 5–6-х классов.

Ключевые слова: технология, кейс-технология, прикладная направленность обучения, качество знаний

CASE STUDY AS THE MEAN OF IMPLEMENTATION OF APPLIED MATHEMATICS ORIENTATION AMONG STUDENTS OF 5–6 CLASSES

Everstova V.N., Everstova T.P.

North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: vn.ewers@s-vfu.ru

In this article the authors consider the possibility of realization of applied focus of learning math classes by students of 5–6 forms through case technology. As a practical aspect in this study were designed cases for mathematics for pupils of 5–6 classes, covering the following themes: «Division with remainder», «Numeric expressions», «The area of a rectangle or a square», «Arithmetic mean», «Scale», «Percents», «The circumference and area of a circle», «Bar graphs and charts». The article shows the case produced and used in math lessons in experimental 5-th form classes themed «Numeric expression». The effectiveness of the implementation of the applied direction of teaching mathematics to students of 5–6 forms through designed cases has been verified on the basis of the analysis of the quality of students' knowledge, motivation of teaching, as well as the level of satisfaction of students by math education process. For processing of received experimental data methods of measurement, comparison, observation, questioning, as well as the technique of «Ladder motives»by Bozhovich A. I., Markova I. K. were used. Analysis of the results confirmed the hypothesis that by using the case technology, namely tasks that describe life situations, it is possible to implement the application orientation of teaching mathematics among students of 5–6 forms.

Keywords: technology, case study, applied orientation of training, quality of knowledge

Проблема подготовки конкурентоспособных специалистов, обладающих продуктивным мышлением, умеющих применять полученные знания в конкретных жизненных ситуациях, – актуальная тема нового столетия. Решение поднятой проблемы возможно во взаимодействии воспитательной и образовательной парадигм, начиная со школьной скамьи и не только на внеаудиторных занятиях, но и на уроках, в том числе и на уроках математики.

Результаты международного тестирования TIMSS в 2015 г. показывают, что у учащихся 8-х классов России высокие показатели решения стандартных заданий (543 балла), чего не скажешь о показателях выполнения заданий на применение знаний в незнакомых ситуациях, в то время как российские учащиеся 4-х классов при выполнении таких заданий показали самый высокий результат относительно своего среднего показателя (570 баллов) [1]. Это подтверждает целесообразность рекомендации в новых государственных образовательных стандартах усиления прикладной направленности содержания изучаемых дисциплин, нацеливания учебной деятельности на использование полученных предметных знаний в реальной жизни.

Однако для достижения поставленных перед учителем целей необходимы соответствующие как материальная база, так и учебно-методические комплексы, включающие в себя не только учебники, учебные пособия, дидактические материалы, но и методические пособия по применению на

уроках различных образовательных технологий, а также готовые разработки уроков с их использованием.

В связи с этим нами определена цель данной статьи: показать, как с помощью кейс-технологии можно реализовать прикладную направленность содержания изучаемых на уроках математики материалов.

Предметом исследования являются пути реализации прикладной направленности обучения математике с использованием кейс-технологии.

Гипотеза исследования: повышения качества знаний учащихся и эффективности реализации прикладной направленности обучения математике в основной школе можно достичь, если в учебном процессе применять кейс-технологию.

Проблеме прикладной направленности обучения математике посвящены работы Ю.М. Колягина, Н.А. Терешина, А.Я. Цукарь, В.В. Фирсова, И.М. Шапиро, и др. а также диссертационные исследования М.М. Ашурова, Л.Ю. Бегениной, Е.В. Величко, Г.М. Возняк, С.Н. Дворяткиной, И.И. Зубовой, Е.Н. Эрентраут, М.И. Якутовой и др.

В своем исследовании мы будем придерживаться определения прикладной направленности обучения математике, данное Кизиловой В.П., это: «ориентация содержания и методов обучения на формирование умений применять математический аппарат для решения задач, возникающих в других отраслях научного знания, учебных дисциплинах, в будущей профессиональной деятельности школьников, в быту, с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, а также методов и приемов, свойственных математической науке и математической деятельности» [2, с. 187].

Изучение работ отечественных и зарубежных исследователей по данной проблеме позволяет сделать вывод, что в основном авторами предлагается решение прикладных задач как средство достижения прикладной направленности обучения математике. Н.А. Терешин предлагает следующее определение понятия «прикладная задача»: задача, поставленная вне математики и решаемая математическими средствами [3].

Вопросы применения кейс-технологии в образовании, в частности при обучении математике, мало изучены и рассмотрены в работах А.Ю. Гумметовой, О.Ю. Мелякова, А.Ю. Рогачёва, Е.В. Ступиной, С.В. Щербатых и др.

В.В. Пырьева определяет кейс-метод, как метод анализа ситуаций, суть которого состоит в том, что учащимся предлагается осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при решении данной проблемы [4].

При составлении кейсов будем придерживаться основных требований к кейсам, обеспечивающим прикладную направленность обучения математике, выделенных Н.В. Дударевой и Т.А. Унеговой: задается ситуация, имеющая отношение к реальным жизненным проблемам, описание которой отражает какую-либо практическую задачу, решаемую средствами математики; подбираются информационные материалы, с помощью которых исследователи поставят перед собой учебную задачу; предлагаются задачи, описывающие конкретные жизненные ситуации, которые необходимо решить, составив ее математическую модель [5].

Эксперимент по использованию кейс-технологии на уроках математики и проверке реализуемости выдвинутой гипотезы проводился в школе № 17 г. Якутска Республики Саха (Якутия). Охвачены 154 учащихся 5–6-х классов в период с 2014 по 2018 гг. (по 72 ученика в экспериментальной и контрольной группах).

В ходе эксперимента были разработаны кейсы и проведены уроки математики с использованием кейс-технологии по следующим темам: в 5-м классе «Деление с остатком», «Числовые выражения», «Площадь прямоугольника, квадрата», «Среднее арифметическое»; в 6-м классе «Масштаб», «Проценты», «Длина окружности и площадь круга», «Столбчатые диаграммы и графики».

Сам кейс может состоять из пяти блоков: теоретическая часть, информационная часть, справочная часть, задания кейса, домашнее задание [6]. Теоретическая часть (она необязательная) включает тот теоретический материал по математике, который будет использоваться при решении заданий кейса. Информационная часть содержит информацию о жизненной ситуации, которую необходимо будет решить средствами математики. Справочная часть содержит справочный материал, с помощью которого можно будет решить предложенную жизненную ситуацию. Четвертая часть содержит конкретное задание кейса, а в пятой части формулируется домашнее задание, аналогичное заданию кейса, решаемого на уроке.

Для работы с кейсами классы разбиваются на группы, каждый раз на разные с целью социализации учащихся со всеми своими одноклассниками. В каждой группе дети самостоятельно выбирают старшего по группе, в обязанности которого входит как

руководство работой всех учеников группы, так и выставление оценки во время работы над кейсом.

На этапе обсуждения результатов работы над кейсом каждая группа представляет выступающего или нескольких выступающих, которые рассказывают свое решение поставленной перед ними жизненной ситуации. При этом могут быть использованы различные технологии обучения: дебаты, защита проекта, информационно-коммуникационные и т.п. Это может зависеть от подготовленности учащихся.

Приведем пример кейса для учащихся 5-х классов.

Тема урока: Числовые выражения.

Жизненная ситуация кейса: «Выбор сотового оператора и тарифного плана».

Прикладная направленность: формирование умений применять математический аппарат для решения жизненных ситуаций.

Блок «Информационная часть»: предлагается информация о том, что такое «сотовый оператор», «тарифный план», о действующих в регионе сотовых операторах («МТС», «МегаФон» и «Билайн») и предлагаемых ими тарифных планах. Все это оформлено красочно с фирменными лейблами операторов, с адресами офисов в г. Якутске.

Материалы данного блока способствуют повышению интереса учащихся к работе с кейсом, так как перед школьниками, которые являются активными пользователями сотовой связи, открывается перспектива полезности изучения математики.

Блок «Справочная часть»: предлагаются таблицы тарифных планов вышеназванных сотовых операторов, включающих ежемесячную плату, цены за гигабайты интернета, цены на звонки на другие сотовые операторы, цену за мобильный интернет, цены на SMS. Приводится образец расчета оплаты сотовой связи за один месяц с минимальными издержками.

Изучив справочный материал данного блока, ученики научатся пользоваться таблицами, находить в них нужную для себя информацию, делать выводы и т.п.

Блок «Задания кейса» включает следующие задачи:

1. Рассчитайте тарифный план «Переходи на ноль» сотового оператора «МегаФон», если Вы за месяц разговариваете 56 минут с другими операторами, расходуете 5 гб интернета и отправляете 33 SMS за месяц. Составьте числовое выражение и вычислите расходы на сотовую связь.

2. Составьте числовые выражения расчета самого дешевого тарифного плана у операторов «МегаФон» и «Билайн». Определите, какой тарифный план Вы считаете самым оптимальным в отношении «цена-качество»?

3. Вашим оператором будет «МТС». Выберите один тариф, который, по Вашему мнению, наиболее подходит для ученика 5-го класса, если Вы используете 6 гб мобильного интернета, еженедельно примерно по 30 минут разговариваете с братом, который учится в Санкт-Петербурге и у него МТС.

4. Составьте числовое выражение и вычислите расходы индивидуального предпринимателя, если у него тарифный план «Smart Забугорище» сотового оператора МТС, плата по тарифу в неделю 250 рублей и расходы индивидуального предпринимателя за сотовую связь в течение месяца указаны в табл. 1.

Решив задачи данного блока, учащиеся закрепят умения составлять математические модели для жизненных ситуаций, представлять образно величины и факты, анализировать, сравнивать, сопоставлять, делать выводы. Кроме этого достигаются многие воспитательные задачи, такие как воспитание продуманности своих действий и поведения, формирование ответственного отношения к бюджету семьи, создание атмосферы сотрудничества и т.д.

Блок «Домашнее задание» состоит из следующей задачи: Узнайте тарифные планы членов Вашей семьи, рассчитайте, сколько денег тратит Ваша семья на сотовую связь. Подберите самые выгодные тарифные планы каждому члену своей семьи.

Таблица 1

Расходы индивидуального предпринимателя на сотовую связь за месяц

	Мобильный интернет дома и в поездках по России	МТС по РФ	Звонки на телефоны РС(Я) дома и в поездках по России (после 350 минут)	Звонки в другие регионы России дома и в поездках по России (после 350 минут)	Всего SMS и MMS
1 неделя	17 гб	300 минут	223 минуты	198 минут	368
2 неделя	16 гб	218 минут	120 минут	154 минуты	229
3 неделя	21 гб	361 минута	216 минут	48 минут	307
4 неделя	18 гб	349 минут	99 минут	118 минут	401

Выполнение задания данного блока поможет учащимся не только закрепить полученные навыки на занятиях в школе, но и будет способствовать включению детей в планирование семейного бюджета, заинтересованности родителей в совместной работе.

Для эксперимента взяты четыре класса (два из которых экспериментальных, два – контрольных), обозначим их Э-1, Э-2, К-1 и К-2, в каждом классе по 36 учащихся. В классах Э-1 и К-1 учатся дети, проявляющие интерес и способности к математике, а в классах Э-2 и К-2 учатся дети, имеющие другие предпочтения.

Критериями эффективности разработанных кейсов в свете реализации прикладной направленности обучения математике определены следующие:

- повышение качества знаний учащихся;
- положительная динамика мотивации учения;
- увеличение степени удовлетворенности учащихся образовательным процессом на уроках математики [7].

Повышение качества знаний учащихся в ходе использования кейс-технологии на уроках математики было отслежено по результатам четвертных и годовых оценок по предмету в 5-х и 6-х классах. И так как классы разной подготовки, то будем анализировать динамику качества обученности по математике за два года (табл. 2).

Как видим из таблицы, прослеживается позитивная динамика качества знаний по математике за два экспериментальных года во всех четырех классах, однако необходимо отметить, что в экспериментальных классах эта динамика выражена убедительнее. Если в начале эксперимента в среднем качество обученности учащихся экспериментальных классов составляло 55,5%, то в конце 69,5% при стопроцентной успеваемости, а в контрольных классах повысилось с 55,8% до 61,1%.

Таким образом, проведенный эксперимент показал, что использование кейс-технологии на уроках математики в 5–6-х классах повышает качество знаний учащихся.

Ведущая идея реализации прикладной направленности обучения математике заключается в том, что структура, содержание кейсов и методика обучения с использованием кейс-технологии, направлены на формирование у учащихся 5–6-х классов: устойчивого понимания роли математики в решении многих жизненных ситуаций, умений использования полученных знаний по предмету за рамками учебного процесса. Тем самым повышая мотивацию детей к изучению математики.

В связи с этим рассмотрим динамику выполнения заданий восьми кейсов в экспериментальных классах (рис. 1).

Из графика видно, что динамика выполнения заданий, связанных с жизненными ситуациями, решаемых математическим аппаратом, в целом положительна. Шестой замер показал снижение качества выполнения заданий (29 учащихся из 72), так как тема этого кейса «Проценты», а задания этого типа всегда вызывают определенные трудности у учащихся 6-го класса, поэтому будем считать это объективной причины.

Таблица 2

Динамика качества обученности по математике в 5–6-х экспериментальных и контрольных классах при 100% успеваемости

	На начало эксперимента		На конец эксперимента		На начало эксперимента		На конец эксперимента	
	Э-1	Э-2	Э-1	Э-2	К-1	К-2	К-1	К-2
Качество по классам (%)	75	36,1	83,3	55,6	72,7	38,9	77,8	44,4
Среднее по классам (%)	55,5		69,5		55,8		61,1	

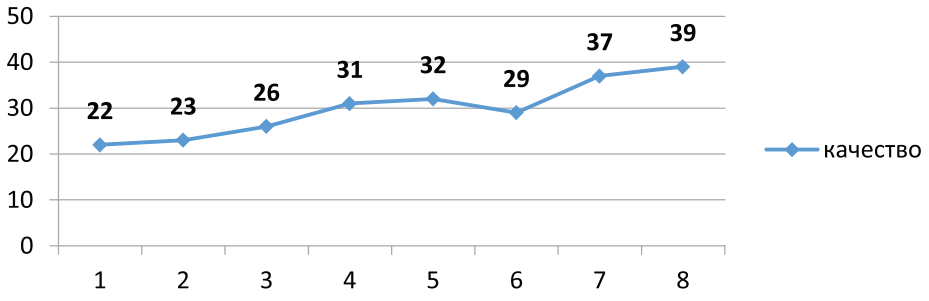


Рис. 1. Динамика качества выполнения заданий кейсов в экспериментальных классах

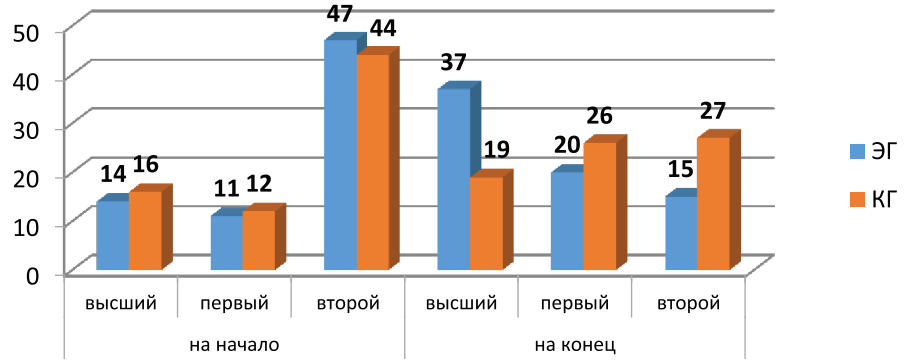


Рис. 2. Результаты опроса по методике «Лесенка побуждений»

При оценке результатов экспериментальной работы в соответствии с мотивационным критерием использовалась методика «Лесенка побуждений» А.И. Божович, И.К. Маркова [7]. Уровни мотивации будем определять следующим образом: высший – в случае гармоничного сочетания социальных и познавательных мотивов, первый – в случае преобладания познавательного мотива, второй – в случае преобладания социального мотива. Данные о выявленных мотивах в начале и в конце эксперимента приведены на рис. 2.

Как видим, на начало эксперимента распределение учащихся экспериментальных и контрольных групп по уровням мотивации сравнительно одинаково. Однако в конце эксперимента в группе ЭГ (Э-1 и Э-2 вместе) явно выражен высший уровень мотивации учащихся (37), в то время как в группе КГ (К-1 и К-2 вместе) гармоничного сочетания социального и познавательного мотивов достигли только 19 учащихся. Этот показатель в группе ЭГ вырос почти в 2,5 раза с начала эксперимента.

Увеличение степени удовлетворенности учащихся образовательным процессом на уроках математики исследовалось с помощью анкетирования. Оно показало, что в классах ЭГ нет неудовлетворенных учащихся, в то время как в КГ неудовлетворенные составили 12,5 %. Это объясняется тем, что с помощью заданий кейсов дети научились использовать математические знания в жизненных ситуациях, тем самым осознали необходимость изучения математики.

Таким образом, результаты проведенного экспериментального исследования доказали, что повышения качества знаний по математике учащихся 5–6-х классов и эффективности реализации прикладной направленности обучения математике можно достичь, если в учебном процессе использовать кейс-технологию, формирующую умение применять математический аппарат для решения задач, возникающих в различных жизненных ситуациях.

Список литературы

1. TIMSS 2015 international results in mathematics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://timss2015.org/timss-2015/mathematics/student-achievement/ (дата обращения: 10.04.2018).

2. Кизилова В.П. Структурно-функциональная модель понятия «Прикладная направленность обучения математике в школе» как основа методики реализации прикладной направленности обучения математике в классах естественно-научных профилей // Сибирский педагогический журнал. – 2008. – № 13. – С. 186–192.

3. Терешин Н.А. Прикладная направленность школьного курса математики: кн. для учителя / Н.А. Терешин. – М.: Просвещение, 1990. – 96 с.

4. Пырьева В.В. Кейсовая технология обучения и ее применение при изучении темы «Алгоритмы» // Информатика и образование. – 2009. – № 11. – С. 25–28.

5. Дударева Н.В., Унегова Т.А. Методические аспекты использования метода «Case study» при обучении математике в средней школе // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 8. – С. 242–246.

6. Исследовательские кейсы как средство формирования познавательных универсальных учебных действий учащихся / А.В. Иванова [и др.] // Современные исследования социальных проблем. – Красноярск: ООО «Научно-инновационный центр», 2016. – № 8/64. – С. 208–222.

7. Фетискин Н.П., Козлов В.В., Мануйлов Г.М. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп. – М.: Изд-во Института психотерапии, 2009. – 544 с.